

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Lukáš Zahatlan

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Digitální rádiový přijímač
Digital Radio Receiver

2013

Lukáš Zahatlan

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Zahatlan**
Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie
Studijní obor: 2612R059 Mobilní technologie
Téma: **Digitální rádiový přijímač**
Digital Radio Receiver

Zásady pro vypracování:

Rádiový přijímač prošel za celou svoji historii zajímavým vývojem. Práce si dává za cíl vytvořit ucelený přehled základních obvodových koncepcí přijímačů s popisem jejich předností či nevýhod. Druhá část práce je zaměřena na moderní typy softwarových rádií s výčtem v současnosti dostupných ovládacích programů.

1. Popište historický vývoj rádiového přijímače.
2. Popište varianty softwarového přijímače s výčtem možných softwarových aplikací.
3. Uveďte princip funkce kognitivního přijímače.

Seznam doporučené odborné literatury:

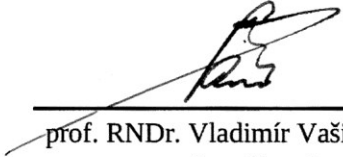
ŽALUD, Václav. Moderní radioelektronika . 1. Praha : BEN, 2000. 656 s. ISBN 80-86056-47-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

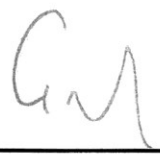
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Dvorský, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 07.05.2013

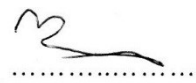

prof. RNDr. Vladimír Vašínek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

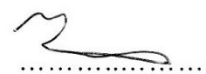
Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě, dne: 28.4.2013


.....
podpis studenta

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě, dne: 28.4.2013


.....
podpis zástupce

Pod'akovanie

Rád by som sa poďakoval všetkým, ktorý mi s bakalárskou prácou pomohli, no hlavne vedúcemu práce Ing. Marekovi Dvorskému, Ph.D. za cenné rady, konzultácie a odbornú pomoc, ktorú mi poskytol pri vypracovaní bakalárskej práce.

Abstrakt

Cieľom tejto práce je popis historického vývoja rádiového prijímača, softvérový prijímač, výpis softvérových aplikácií u softvérového prijímača, princíp funkčnosti kognitívneho prijímača a systémy v ktorých pracuje. V práci sú popísané koncepcie, vlastnosti rádiového prijímača, princíp funkcie softvérového prijímača, výpis softvérových aplikácií u softvérového prijímača, princíp funkčnosti, vlastnosti a systémy kognitívneho prijímača. K jednotlivým softvérovým aplikáciám je vypracovaný stručný popis funkcií, podpory, špecifických vlastností a sú priložené ukážky z hlavného okna každej aplikácie.

Kľúčové slová

Rádiový prijímač, softvérový prijímač, kognitívny prijímač, softvérová aplikácia.

Abstract

The goal of this paper is a historical review of development of radio receiver, software receiver also to list software applications used by software receiver, fundamentals principles of cognitive receiver and systems in which it works. There are conceptions and properties of radio receiver, function of software receiver, list of applications used by software receiver, principles, functions, properties and systems of cognitive receiver described. For each software application there is a short description of functions, support, specific properties and there are examples to these applications attached.

Keywords

Radio receiver, software receiver, cognitive receiver, software application.

Zoznam použitých skratiek

Skratka	Anglický význam	Český význam
AM	Amplitude modulation	Amplitúdová modulácia
FM	Frequency modulation	Frekvenčná modulácia
DV	Low frequency	Dlhé vlny
KV	High frequency	Krátke vlny
VKV	Very high frequency	Veľmi krátke vlny
AFC	Automatic frequency control	Automatické frekvenčné doladovanie
SDR	Software defined radio	Softvérové rádio
ADC	Analog-to-Digital converter	Analógovo-digitálny prevodník
DSP	Digital signal processing	Digitálny signálový procesor
DAC	Digital-to-Analog converter	Digitálno-analógový prevodník
CR	Cognitive radio	Kognitívne rádio
SSCR	Spectrum sensing cognitive radio	Kognitívne rádio so snímaním spektra
GSM	Global system for mobile communication	Globálny systém mobilných komunikácií
GPRS	General packet radio service	Univerzálna paketová rádiová služba
RDS	Radio data system	Rádiový dátový systém
DRM	Digital radio mondiale	Súčasná náhrada za AM vysielanie
DCF77	Radio station	Rádiová stanica
AMSS	Amplitude modulation signaling system	AM zabezpečeného systému
PSD	Power spectrum density	Výkonová spektrálna hustota
IPD	Incumbent profile detection	Detekcia povinného profilu
DFC	Dynamic frequency selection	Dynamický výber frekvencie
TPC	Transmit power control	Riadenie vysielacieho výkonu
FCR	Full cognitive radio	Plné kognitívne rádio
ISP	Intelligent signal processing	Inteligentný signálový procesing
LBCR	Licensed band cognitive radio	Licencované pásmo kognitívneho rádia
UBCR	Unlicensed band cognitive radio	Nelicencované pásmo kognitívneho pásma
ISM	Industrial, scientific and medical	Pásmo pre rádiové vysielanie
REM	Radio environment map	Mapa rádiového prostredia
SETI	Search for extra - Terrestrial intelligence	Hľadanie mimozemskej inteligencie

UNII	Unlicensed national information infrastructure	Nelicencovaná národní informačná infraštruktúra
-------------	---	--

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Rádiový prijímač.....	2
2.1	Vlastnosti rádiového prijímača.....	2
2.1.1	Citlivosť.....	2
2.1.2	Druhy modulácie.....	2
2.1.3	Frekvenčné rozsahy.....	3
2.1.4	Kvalita reprodukcie.....	3
2.1.5	Selektivita.....	3
2.1.6	Stabilita.....	4
2.1.7	Skreslenie.....	4
2.2	Historický vývoj rádiového prijímača.....	6
2.2.1	Detektorové prijímače.....	6
2.2.2	Priamozosilňujúce prijímače.....	6
2.2.3	Superheterodyn s jedným zmiešavaním.....	7
2.2.4	Superheterodyn s dvojitým zmiešavaním.....	8
2.2.5	Prijímač s priamym zmiešavaním.....	9
2.3	Súčasnosť a budúcnosť prijímačov.....	10
2.3.1	Softvérový prijímač.....	10
2.3.2	Kognitívny prijímač.....	10
3	Softvérový prijímač.....	11
3.1	Základné koncepcie SDR.....	12
3.1.1	SDR s vysokou medzifrekvenciou.....	12
3.1.2	SDR s nulovou medzifrekvenciou.....	12
3.1.3	SDR s nízkou medzifrekvenciou.....	13
3.1.4	SDR s vysokou prvou a veľmi nízkou druhou medzifrekvenciou.....	13
3.2	Softvérové aplikácie.....	14
3.2.1	SDR aplikácie.....	14
3.2.2	SDR aplikácie – DVB-T.....	16
3.2.3	Profesionálne prehľadové prijímače.....	25

4	Kognitívne rádio.....	28
4.1	Základné funkcie kognitívneho rádia	29
4.1.1	Snímanie frekvenčného spektra IPD	29
4.1.2	Dynamická selekcia frekvencie DFS.....	29
4.1.3	Riadenie vysielacích výkonov TPC.....	29
4.2	Hlavné znaky kognitívneho prijímača.....	30
4.3	Systémy kognitívneho rádia	30
5	Záver.....	31
6	Použitá literatúra.....	32
7	Prílohy	I

1 Úvod

Vývoj rádiokomunikačných prostriedkov začal s vývojom v oblasti elektromagnetického poľa. Prvé spojenie bolo dosiahnuté v roku 1842 Morseho telegrafom približne na vzdialenosť 65 km. O 59 rokov neskôr sa podarilo Marconimu uskutočniť prvý rádiový prenos cez oceán. V roku 1920 bolo zahájené prvé verejné vysielanie v Pittsburgu v USA. Prvé rádiotelefonne systémy, určené pre neverejné inštitúcie sa začali prevádzkovať okolo roku 1930. Rok 1939 bol prevratný z dôvodu výroby prvých radiolokátorov. Veľké ovplyvnenie prinieslo prvé úspešné zrealizovanie tranzistoru, ktoré pochádza z Bellových laboratórií v USA. Táto udalosť nám neskôr umožnila nástup monolitických integrovaných obvodov. V šesťdesiatich rokoch boli položené prvé základy družicovej rádiovej komunikácie. Rádiové prijímače súčasnosti tvoria základ rádiokomunikačných systémov, ktoré môžu mať rozličné formy a môžu slúžiť k rôznym úlohám. Najznámejšie formy rádiokomunikačných systémov sú pozemné a družicové rozhlasové a televízne služby.[4]

V druhej kapitole sa zaoberám rádiovým prijímačom, kde na začiatok popisujem zloženie a funkcie rádiového prijímača, hlavné vlastnosti rádiového prijímača a historický vývoj rádiového prijímača. V tretej kapitole sa zaoberám softvérovým prijímačom a jeho softvérovými aplikáciami. Popisujem základné koncepcie softvérového prijímača, princíp funkčnosti softvérového prijímača a podrobné spracovanie softvérových aplikácií pre SDR (softvérové rádio) . V záverečnej štvrtej kapitole sa zaoberám kognitívnym prijímačom, kde popisujem princíp funkcie kognitívneho prijímača, základné vlastnosti kognitívneho prijímača a systémy kde sa kognitívny prijímač využíva.

2 Rádiovy prijímač

Rádiový prijímač slúži na zachytávanie, premenu a využitie energie elektromagnetických vln v pásme rádiových frekvencií. Každý rádiový prijímač musí vykonávať aspoň tieto základné funkcie:

1. výber žiadaného signálu – tuto funkciu obstaráva obvod prijímača, čo je sústava antén a zvod zo vstupom prvého stupňa.
2. obnovenie prenášanej informácie - demodulácia, ktorú obstaráva detektor a typ detektoru sa určuje podľa druhu modulácie.
3. zosilnenie signálu – danú funkciu využívajú zosilňovače a môžu byť vysokofrekvenčné, medzifrekvenčné a nízko-frekvenčné.

Základ rádiového prijímača sa skladá z troch základných častí:

1. anténa – zachytáva energiu elektromagnetických vln a mení ju na vysokofrekvenčné prúdy.
2. prijímača – mení energiu ktorú potrebuje koncové zariadenie pre svoju činnosť.
3. koncové zariadenie – využíva premenenú energiu na predávanie informácie.[3]

2.1 Vlastnosti rádiového prijímača

Pre základné vlastnosti rádiových prijímačov sú zavedené predpísané parametre, podľa ktorých sa rádiové prijímače zaraďujú do jednotlivých tried kvality. Parametre slúžia na zaistenie normalizovaného postupu pri meraní a vyjadrovaní vlastností prijímača. Najdôležitejšie vlastnosti prijímačov sú citlivosť, druh modulácie, frekvenčné rozsahy, kvalita reprodukcie, selektivita, stabilita a skreslenie.

2.1.1 Citlivosť

Pod slovom citlivosť označujeme veľkosť napätia, ktoré musí byť dodané na vstup prijímača z antény aby bol schopný odovzdať do reproduktora určitý minimálny výkon. Maximálnu citlivosť prijímača definuje najmenšia možná úroveň vysokofrekvenčného vstupného výkonu zo štandardnou moduláciou, ktorý bol privedený z antény na vysokofrekvenčný vstup prijímača, ktorý na nízko-frekvenčnom výstupe prijímača vytvorí nízko-frekvenčný výstupný výkon. Tak sú všetky ovládacie prvky prijímača nastavené na maximálne zosilnenie. Čiže čím nižšia je úroveň vstupného signálu, tým je prijímač citlivejší.

2.1.2 Druhy modulácie

Modulácia je proces, pri ktorom dochádza ku zmene niektorého parametru nosnej vlny podľa zmien modulačného signálu pričom rádiový prijímač môže prijímať iba taký druh modulácie pre akú je prispôsobený. Najznámejšie modulácie sú AM (amplitúdová modulácia) a FM (frekvenčná modulácia):

1. Amplitúdová modulácia – pri amplitúdovej modulácii sa mení amplitúda nosnej vlny v rytme okamžitej hodnoty modulačného signálu pričom frekvencia aj fáza modulovanej vlny sa nemenia, sú konštantné.
2. Frekvenčná modulácia – pri frekvenčnej modulácii sa mení frekvencia nosnej vlny v rytme modulačného signálu pričom amplitúda modulovanej vlny ostáva konštantná.

2.1.3 Frekvenčné rozsahy

Frekvenčné rozsahy prijímača udávajú, v akom obore vlnových dĺžiek môžeme rádiový prijímač prelaďovať a rozhodujú o jeho použití. Prenos rozhlasového signálu pomocou amplitúdového modulovaného vysokofrekvenčného nosného signálu môžeme uskutočňovať pri hocíjakých frekvenciách, avšak najväčšie uplatnenie má v pásme DV (dlhé vlny) a KV (krátke vlny). Oproti tomu prenos informácií pomocou frekvenčne modulovaného nosného signálu má uplatnenie hlavne v pásme VKV (veľmi krátke vlny).

Rozsah dlhých vln – DV – ($f = 150$ až 300kHz) sa používa najmä na prenos rozhlasových programov a pre navigačnú službu do vzdialenosti niekoľko sto kilometrov. Dlhé vlny prenikajú trochu viac do vrstvy D než veľmi dlhé vlny, čím sa mierne utlmujú a preto pri zániku vrstvy D sa mierne zvyšuje intenzita príjmu na týchto vlnách.

1. Rozsah krátkych vln – KV – ($f = 6$ až 30MHz) vplyvom veľkého útlmu krátkych vln v polovodičovom prostredí povrchu Zeme sa tieto vlny šíria prízemnými vlnami pri obvyklých výkonoch vysielačov len do vzdialeností niekoľko desiatok kilometrov. Krátke vlny sa šíria prevažne ionosférickými priestorovými vlnami, ktoré môžu jednoduchým alebo niekoľkonásobným odrazom od horných vrstiev ionosféry a zeme sprostredkovať spojenie na veľké vzdialenosti. Ale krátke vlny majú aj svoje nevýhody a to sú najmä nestálosť odrazovej vlny a vytváranie hluchých pásiem.
2. Rozsah veľmi krátkych vln – VKV – ($f = 30$ až 300MHz) sa šíria priamymi priestorovými vlnami. S ionosférickými odrazmi sa môže stretnúť len veľmi zriedka. Pri prenose signálov s frekvenciou nad 100MHz sa s ionosférickými odrazmi nestretávame vôbec. Dráhy rádiových vln sa zakrivujú len na takých prekážkach, ktorých rozmery sú menšie než vlnová dĺžka elektromagnetického poľa. Nerovnosti zemského povrchu majú rozmery vždy porovnateľné alebo väčšie ako je vlnová dĺžka VKV. Preto k zakriveniu dráh týchto vln pozdĺž zemského povrchu nedochádza takže ich dosah je najčastejšie v oblasti priamej viditeľnosti.

2.1.4 Kvalita reprodukcie

Kvalita reprodukcie závisí na jednotlivých prenosových vlastnostiach celého prijímača aj s výstupným meničom (reproduktorom).

2.1.5 Selektivita

Selektivita je schopnosť prijímača vybrať z množstva signálov práve tie, ktoré zodpovedajú danej stanici a ostatné frekvencie čo najviac potlačiť mimo prijímanú stanicu. Selektivita a je daná pomerom vstupného napätia pri stanovenom rozdelení Δf k vstupnému napätiu pri naladenom prijímači.

$$a = \frac{U}{U_r} \quad (2.1)$$

Kde sú:

a - je pomer selektivity.

U – je vstupné napätie signálu pri určitej kmitočtovej odchýlke Δf , potrebné pre dosiahnutie toho istého vstupného výkonu ako pri Δf .

U_r – je napätie vstupného signálu u vyladenia ($\Delta f = 0$).

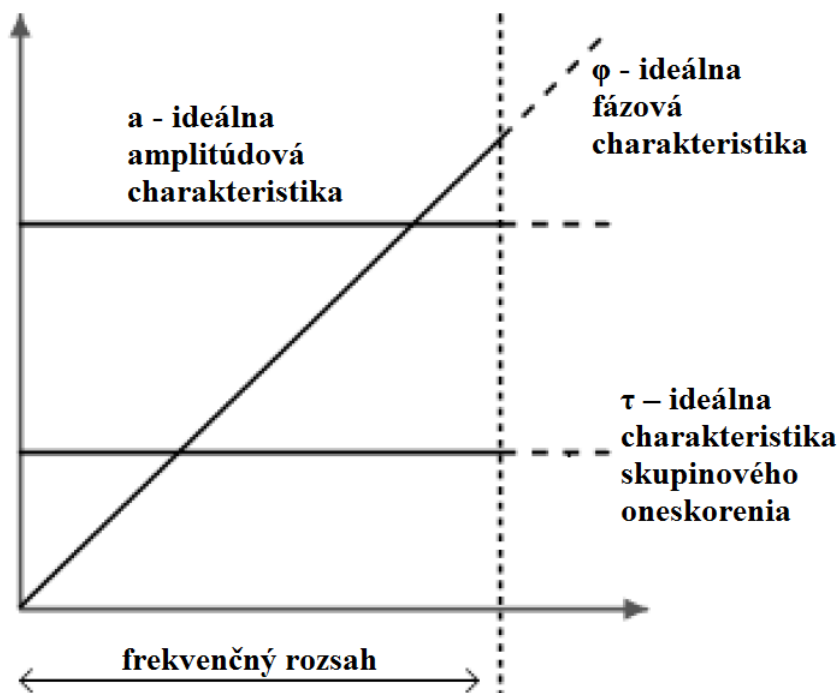
U prijímača superheterodyne je účelné definovať blízku a vzdialenú selektivitu. V závislosti pomeru selektivity a na rozladenie Δf vznikne krivka kmitočtovej selektivity.

2.1.6 Stabilita

Stabilita je stály výstupný signál pri stálom vstupnom signáli, alebo si to môžeme predstaviť ako schopnosť prijímača udržiavať si nastavenú frekvenciu pri zmene okolitých podmienok, ktoré môžu byť napr. tlak vzduchu, napájanie prijímača, vlhkosť, teplota, zmena stanovišťa prijímača a pod.. Stabilita prijímača je ovplyvnená dvomi faktormi a to ladiacimi obvodmi a frekvenčnou stabilitou oscilátorov. Ako riešenie je sústava samočinného doladovania frekvencií AFC. Radikálnu zmenu k zlepšeniu prinieslo používanie syntetizátorov.

2.1.7 Skreslenie

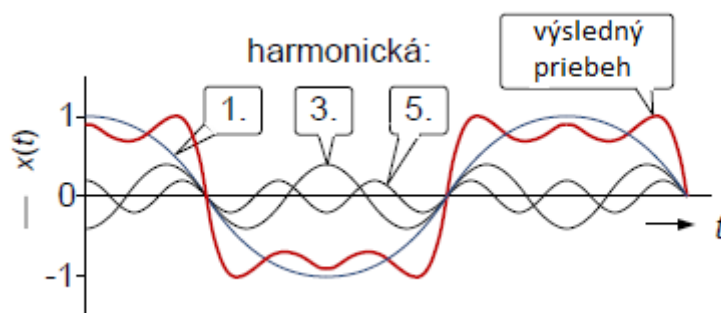
Skreslenie nastáva ako náhle sa menia prenosové vlastnosti prijímača s frekvenciou alebo s okamžitou hodnotou prenášanej veličiny. Všetky skreslenia sa delia hlavne na lineárne a nelineárne.



Obr. 2.1: Fázová, amplitúdová, frekvenčná charakteristika prijímača

Druhy skreslenia:

1. lineárne – (frekvenčné) – vznikajú akonáhle niektorý z technických parametrov prijímača je závislý na frekvencii prenášaného signálu. Frekvenčné skreslenia môžu byť:
 - Útlmové – útlm/zosilnenie prijímača nie je rovnaké pri všetkých frekvenciách.
 - Fázové – fázový posuv medzi vstupným a výstupným napätím nie je v prenosovom pásme priamo úmerný frekvencii, tzv. fázové skreslenie je frekvenčne závislé.
 - Skreslenie meškaním – fázové meškanie prijímača nie je konštantné v celom prenášanom frekvenčnom pásme.
2. Nelineárne – vznikajú akonáhle sa vlastnosti prijímača menia s okamžitou hodnotou prenášaného signálu. Druhy nelineárneho signálu sú:
 - Harmonické – tvarové – vznik harmonických zložiek na výstupe prijímača pri vstupnom sínusovom napätí.



Obr. 2.2: Harmonické skreslenie

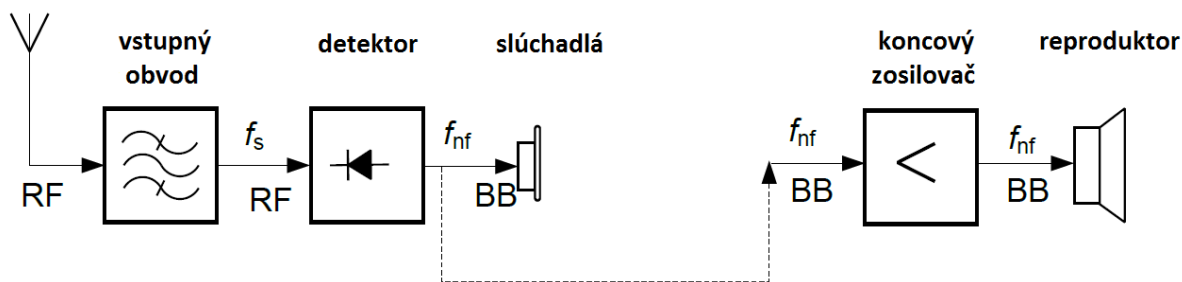
- Intermodulačné – vzniká pôsobením aspoň dvoch signálov s rôznymi frekvenciami na jeho vstupe.
- Amplitúdové – vzniká, keď sa mení pomer efektívnej hodnoty napätia na výstupe prijímača k efektívnej hodnote napätia, na vstupe s amplitúdou vstupného signálu.
- Fázové – je definované ako fázový posun medzi fázou výstupného a vstupného signálu.
- Krížové – vzniká pri zmene útlmu/zisku prijímača, ktorá je spôsobená súčasným prenosom signálu inej frekvencie.
- Krížová modulácia – vzniká ak sa amplitúdová modulácia rušivého signálu s frekvenciou a amplitúdou, prenáša na nosnú frekvenciu požadovaného signálu s amplitúdou, ktorý môže byť ale nemusí modulovaný.

2.2 Historický vývoj rádiového prijímača

História spravila veľký vývoj od najstarších detektorových prijímačov, cez prijímače heterodyne, softvérové prijímače až po kognitívne prijímače. Hlavnou snahou konštruktérov bolo vylepšiť parametre, odstrániť nedostatky a zjednodušiť ovládanie oproti predchádzajúcej koncepcii.

2.2.1 Detektorové prijímače

Jedná sa o najstarší a súčasne o najjednoduchší prijímač tzv. „krystalka“. Na vstupe je zapojený pasívny selektívny vstupný obvod, ktorý zo všetkých signálov zachytených anténou vyčleňuje iba žiadaný signál o frekvencii f_s . Za týmto obvodom sa nachádza detektor a koncový zosilňovací stupeň. [3] Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 2.3:



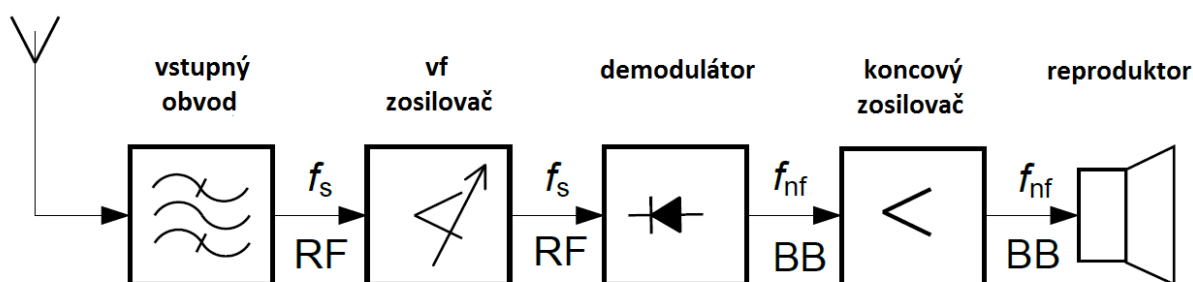
Obr. 2.3: Bloková schéma detektorového prijímača - „krystalka“

- **Výhody a nevýhody detektorového prijímača**

Tento typ prijímača môžeme využiť iba k zachyteniu silných signálov z dôvodu, že klasické detektory potrebujú k svojej správnej práci pomerne veľké vstupné napätie. Veľká prednosť u tohto typu prijímača je dosiahnuť extrémne veľkú šírku pásma, ktorá je žiadaná napríklad u širokopásmového rádiometrického prijímača.

2.2.2 Priamozosilňujúce prijímače

Ďalším typom je priamozosilňujúci prijímač tzv. „dvojlampovka“. Na vstupe je zapojený pasívny selektívny vstupný obvod, za týmto obvodom sa nachádza ladený vysokofrekvenčný zosilňovač, ktorý pri dostatočne veľkom zosilnení dokáže podstatne zväčšiť selektivitu, to je takzvaná schopnosť potlačiť nežiadúce signály. Za zosilňovačom sa nachádza detektor, ktorý detekuje vysokofrekvenčné signál. [3] Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 2.4:



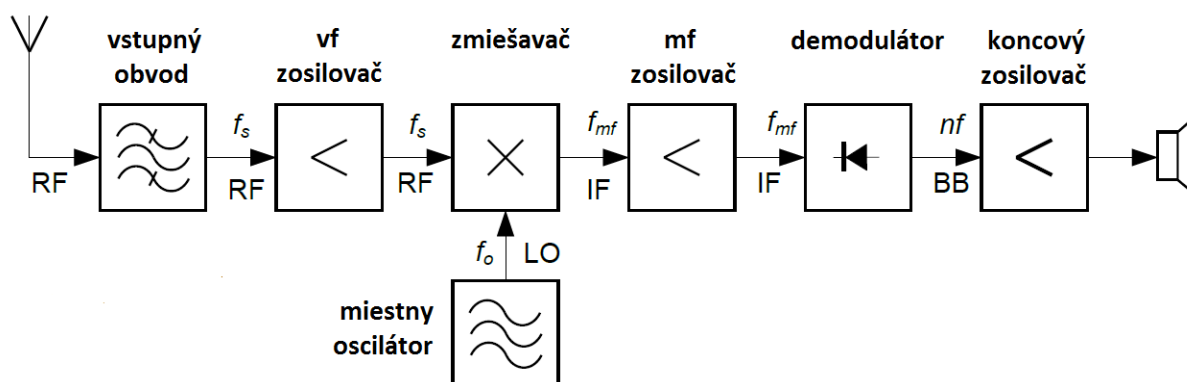
Obr. 2.4: Bloková schéma priamozosilňujúceho prijímača „dvojlampovka“

- **Výhody a nevýhody priamozosilňujúceho prijímača**

Výhoda je najmä v jednoduchšej konštrukcii a pri malom počte stupňov zosilňovača. Naopak nevýhody sú najmä v malej selektivitě.

2.2.3 Superheterodyn s jedným zmiešavaním

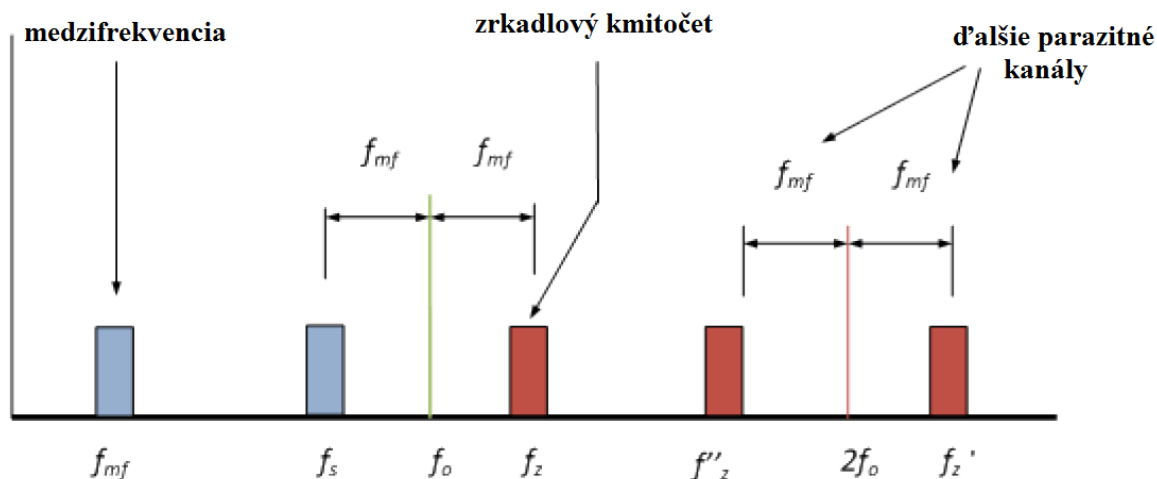
Asi najrozšírenejším typom prijímača je prijímač so zmenou kmitočtu nazývaný superheterodyn. Na vstupe prijímača je pasívny selektívny vstupný obvod, jeho úlohou je vybrať žiadaný signál o patričnej šírke. V nasledujúcom vysokofrekvenčnom zosilňovači je tento signál mierne zosilnený a vyzdvihnutý nad šumovú úroveň. Zároveň sú tu potlačené zostatky rušivých signálov ležiacich vo vzdialenom okolí žiadaného signálu. U prijímačov nižších akostných tried býva vysokofrekvenčný zosilňovač vynechaný. V zmiešavači je prijatý signál s kmitočtom f_s premenený na medzifrekvenčný signál s kmitočtom f_{mf} . Ak sa mení kmitočet prijímaného signálu f_s mení sa u superheterodyn aj kmitočet miestneho oscilátora f_o , a to tak, že medzifrekvenčný kmitočet f_{mf} zostáva stále konštantný. Vďaka tomu môže byť medzifrekvenčný zosilňovač naladený na fixný medzifrekvenčný kmitočet f_{mf} , čo značne zjednodušuje konštrukciu zosilňovača. Takto zosilnený signál je privádzaný na detektor, ktorý z modulovaného medzifrekvenčného signálu získa pôvodný modulačný signál v základnom pásme.[3] Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obrázku obr. 2.5:



Obr. 2.5: Bloková schéma superheterodyn s jedným zmiešavaním

- **Výhody a nevýhody superheterodyn s jedným zmiešavaním**

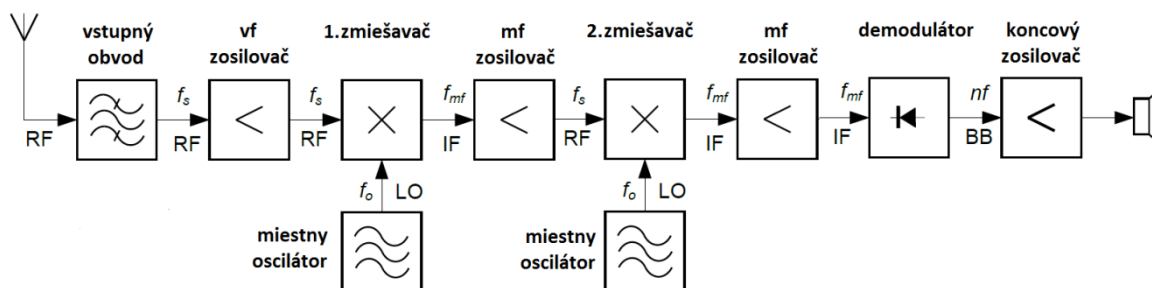
Výhodou je keď medzifrekvenčný zosilňovač je naladený na pevný kmitočet, ktorý môže mať veľké zosilnenie, a tým môže zaistiť prijímaču veľkú citlivosť, selektivitu a konštantnú šírku pásma. Hlavná nevýhoda je náchylnosť k prijímaniu nežiaducich signálov nachádzajúcich sa v parazitných príjmových kanáloch, predovšetkým v takzvanom zrkadlovom kanále, ktorý je situovaný na zrkadlovom kmitočte.



Obr. 2.6: Znáznornenie parazitných kmitočtov (doplňit citáciu)

2.2.4 Superheterodyn s dvojitém zmiešavaním

Superheterodyn s dvojakou kmitočtovou premenou, musí zároveň spĺňať dve požiadavky. A to, aby mal prijímač čo najväčšiu blízku selektivitu a zároveň aj čo najväčšiu vzdialenú selektivitu. Prijímač ktorý zaisťuje čo najväčšiu blízku selektivitu musí mať nízky kmitočet f_{mf} , a naopak aby mal čo najväčšiu vzdialenú selektivitu musí mať vysoký kmitočet f_{mf} . Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 2.7:



Obr. 2.7: Bloková schéma superheterodyn s dvojnásobnou kmitočtovou konverziou

U takýchto prijímačov je spravidla prvý kmitočet f_{mf} čo najväčší, čo nám zaisťuje veľkú selektivitu. U starších prijímačov pre pásmo 0,5 až 30 MHz býva $f_{mf} = 45$ MHz, $f_o = 45,4 - 75$ MHz. Táto hodnota

úplne postačuje pre získanie veľkého potlačenia zrkadlových signálov v pásme dlhých a stredných vln. Preto sa posledné roky v prijímačnej technike uplatňuje koncepcia prijímača ktorý sa nazýva „convertor up“, u ktorej je prvý medzifrekvenčný kmitočet volený nad najvyšším primaným kmitočtom. Takto sa zaistí extrémne veľké potlačenie zrkadlových a aj parazitných signálov v celom prijímanom pásme. Druhý medzifrekvenčný kmitočet f_{m2} prijímača musí byť nízky, čiže v druhom medzifrekvenčnom zosilňovači musíme dosiahnuť veľkej blízkej selektivity. U klasických medzifrekvenčných filtrov LC sa osvedčil medzifrekvenčný kmitočet okolo 460 kHz alebo 125 kHz, avšak u moderných bez indukčných filtrov môže byť omnoho väčší. Zmena kmitočtu prvého oscilátoru sa používa k hrubému naladeniu primaného signálu a kmitočet druhého oscilátoru pre jemné doladenie signálu.[3]

- **Výhody a nevýhody superheterodyn s dvojím zmiešavaním**

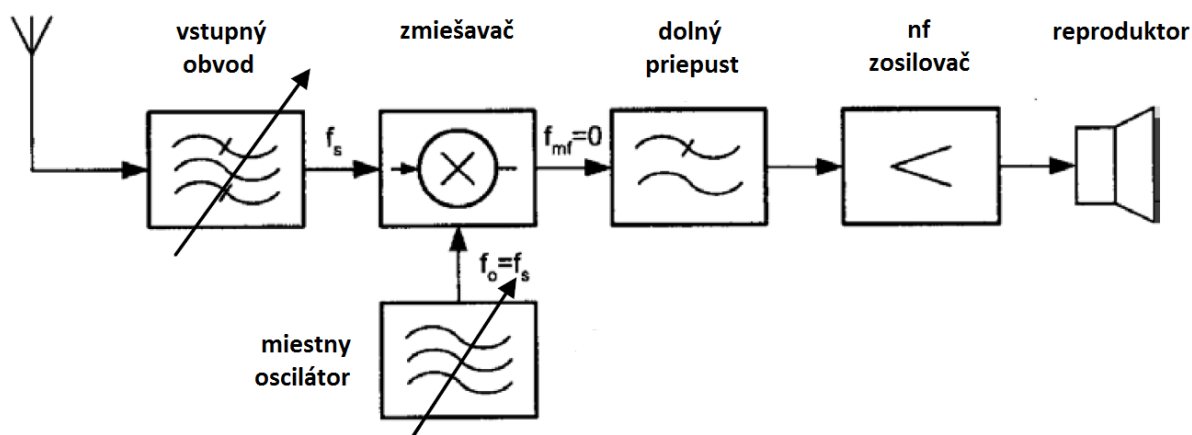
Hlavná výhoda u tohto typu prijímača je hlavne v dobrej selektivite a vysokej účinnosti detektora.

2.2.5 Prijímač s priamym zmiešavaním

Takýto typ prijímača je založený na prijímači superheterodyn s nulovou medzifrekvenciou, čiže musí platiť že:

$$f_{mf} = f_0 - f_s = 0 \quad (2.2)$$

Ako výsledný produkt po zmiešavaní dostaneme signál situovaný do základného pásma. Prijímač s priamym zmiešavaním je obvodovo jednoduchý, nepotrebuje medzifrekvenčný zosilňovač ani demodulátor. Tak isto u tohto typu nevzniká problém so zrkadlovými kmitočtami. Technická realizácia takéhoto typu prijímača je nenáročná, preto je táto koncepcia presadzovaná hlavne v malých prijímačoch typu pager, softvérové rádio a podobne. Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 2.8:



Obr. 2.8: Bloková schéma prijímača s priamym zmiešavaním

Okrem vyššie uvedených druhov prijímačov existuje ešte aj rada odvodených variant – napr. reflexívny prijímač, superreakčný prijímač, synchrodyn. Reflexívny prijímač, ktorý vychádza zo

základu priamo zosilňujúceho prijímača, u ktorého sa však aktívne prvky vysokofrekvenčného zosilňovača navyše využívajú na zosilnenia demodulovaného signálu. Iným typom je superreakčný prijímač, u ktorého je signál v jednostupňovom vysokofrekvenčnom zosilňovači zosilnený a ktorý spravidla plní funkciu detektora, je periodicky zavádzaná veľmi silná spätná väzba umožňujúca tomuto prijímaču dosiahnuť veľkú citlivosť až 10^6 . Synchrodyn je vlastne superheterodyn s nulovým medzifrekvenčným kmitočtom, čiže za jeho zmiešavačom môže priamo nasledovať koncový stupeň.[3]

- **Výhody a nevýhody prijímača s priamym zmiešavaním**

Jeho hlavná výhoda je vo väčšej citlivosti oproti iným prijímačom. Dost' veľká nevýhoda je v malej selektivitě a prelad'ovaní, čo znamená, že vysokofrekvenčný zosilňovač musí zosilniť veľké frekvenčné pásmo, čím dosiahneme veľkú zmenu citlivosti pri prelad'ovaní.

2.3 Súčasnosť a budúcnosť prijímačov

2.3.1 Softvérový prijímač

Termín softvérové rádio bol vytvorený v roku 1984 tímom, ktorý pracoval pre firmu Division of E-Systems Inc. (teraz pod názvom Raytheon) v meste Garland, Texas. Konkrétne o tejto technológii sa budeme viac zaoberať v kapitole 3.

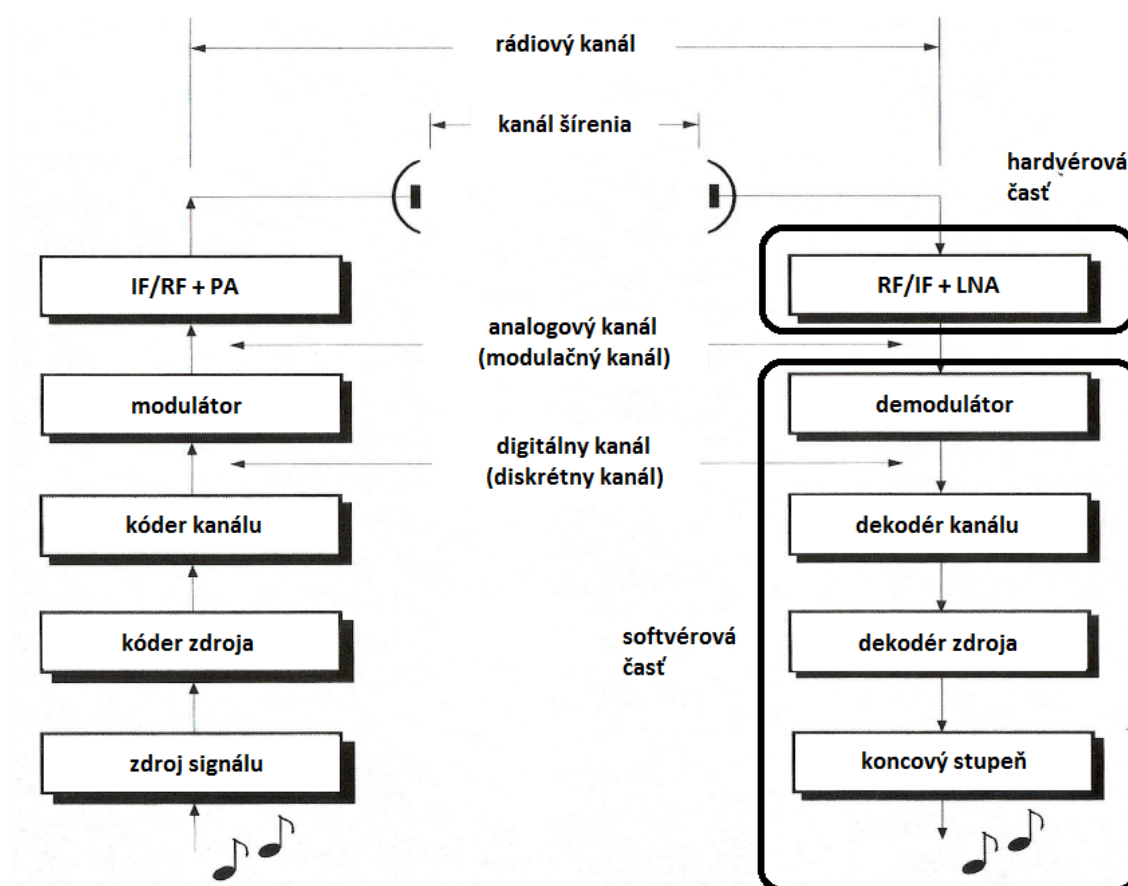
2.3.2 Kognitívny prijímač

Pojem kognitívne rádio bol prvýkrát spomenutý v roku 1999 a navrhovaný Joseph Mitola III na The Royal Institute of Technology v Štokholme. Konkrétnejšie o tejto technológii sa budeme zaoberať v kapitole 4.

3 Softvérový prijímač

Softvérové rádio je moderná rádiová technológia, určená k realizácii flexibilného viacpásmového multištandardného a multiservisného rádiového systému, ktorý je nekonzfigurovateľný a reprogramovateľný pomocou softvéru. Rádiové funkcie ako sú modulácia, multiplexovanie a kódovanie sú realizované softvérovým procesingom. Potrebný softvér je sťahovaný cez rádiové rozhranie zo siete, a to na určitom priradenom kanáli, ktorý môže byť takisto uložený na karte SIM a ďalej spojený s mobilným terminálom. [8]

Softvérový prijímač je koncipovaný tak, že anténou prijatý signál sa ďalej prevádza na prevodníku ADC (analogovo-digitálny prevodník) do digitálnej podoby, ktorý je ďalej spracovávaný v signálovom procesore DSP (digitálny signálový proces). V prípade že je koncovým zariadením reproduktor, tak je spätne prevedený pomocou prevodníku DAC (digitálno-analógový prevodník) na analógový signál. DSP plní funkciu demodulátoru aj dekodéru, ale napriek tomu nám DSP nedokáže splniť niektoré funkcie. Napríklad nízkošumové alebo výkonové zosilnenie a konverziu frekvencie.

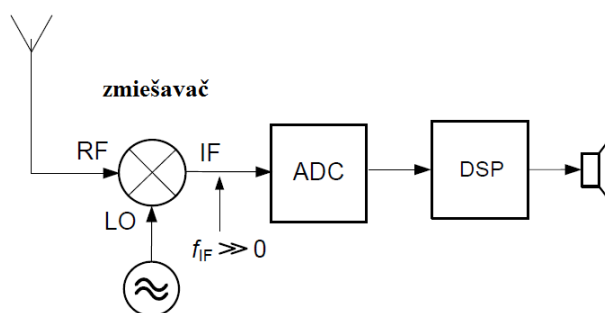


Obr. 3.1: Obecné Shannonovo schéma SDR [6]

3.1 Základné koncepcie SDR

3.1.1 SDR s vysokou medzifrekvenciou

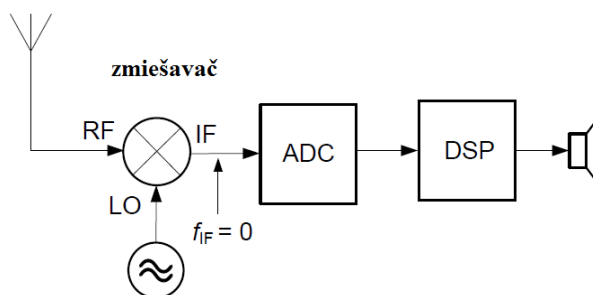
SDR s vysokou medzifrekvenciou pracuje s medzifrekvenčným signálom IF (medzifrekvenčný signál), získaný v analógovom zmiešavači je v prevodníku ADC metódou pásmového vzorkovania digitalizovaný a ďalej spracovávaný v digitálnom procesore DSP. Nyquistovo vzorkovanie tu nie je vhodné pretože v dôsledku vysokej IF a zároveň aj vysokej frekvencie by mal prevodník ADC nedostatočný dynamický rozsah a veľkú výkonovú spotrebu.[1] Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 3.2:



Obr. 3.2: Bloková schéma SDR s vysokou medzifrekvenciou

3.1.2 SDR s nulovou medzifrekvenciou

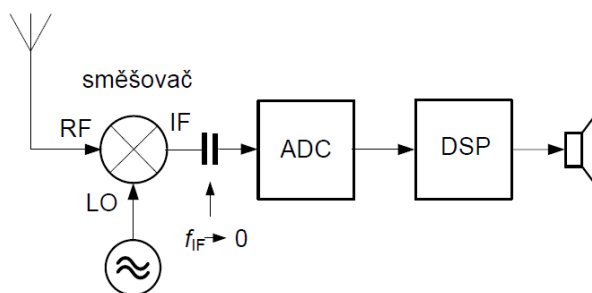
SDR s nulovou medzifrekvenciou, kde je vstupný signál hlavne v analógovom zmiešavači privedený do základného pásma. V zmiešavači však vznikajú s jeho šumom a s rovnomerným offsetom, zapôsobený hlavne vlastným zmiešavaným a taktiež intermodulačnými produktmi 2. radu. U niektorých prenesených formátov sú navyše kladené vysoké nároky na stabilitu miestneho oscilátora.[1][2] Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 3.3:



Obr. 3.3: Bloková schéma SDR s nulovou medzifrekvenciou

3.1.3 SDR s nízkou medzifrekvenciou

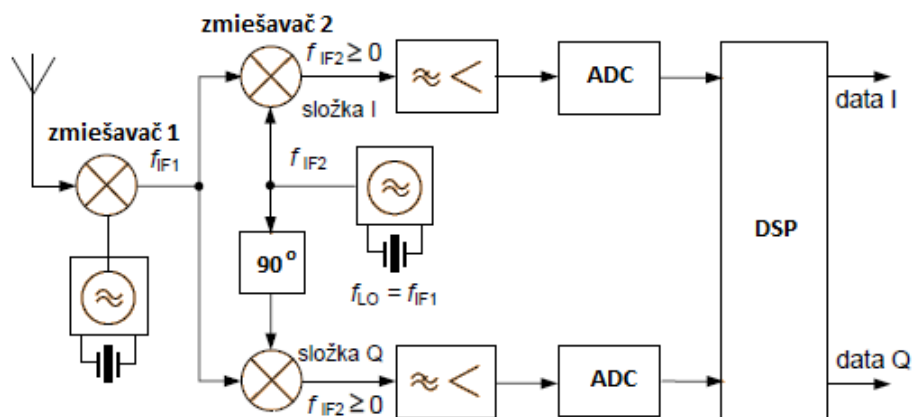
SDR s nízkou medzifrekvenciou, kde sa vstupný signál mení v analógovom zmiešavači na veľmi nízku frekvenciu, ktorú možno ľahko v prevodníku ADC digitalizovať. Kapacitná väzba za zmierovačom zabráňuje šumu a rovnosmernému offsetu vstupovať do ADC prevodníku. Požiadavky na stabilitu oscilátora LO (miestny oscilátor) sú u tohto zapojenia menšie ako u prijímača s nulovou medzifrekvenciou.[1][2] Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 3.4:



Obr. 3.4: Bloková schéma SDR s nízkou medzifrekvenciou

3.1.4 SDR s vysokou prvou a veľmi nízkou druhou medzifrekvenciou

U takéhoto typu SDR je vstupný signál rozdelený v kvadratúrnom zmiešavači za pomoci dvoch zložiek oscilačného signálu LO s fázami 0° a 90° na synfáznu zložku I a na kvadratúrnu zložku Q. Kvadratúrny zmiešavač má schopnosť samočinne potlačovať značné množstvo parazitných zmiešavacích produktov. Výhoda je aj to, že v obidvoch vetvách sa dajú použiť samostatné ADC prevodníky s polovičnou vzorkovacou rýchlosťou, čiže so zvýšeným dynamickým rozsahom a so zníženou výkonovou spotrebou. Kvadratúrne zmiešavanie sa dá realizovať v digitálnej aj analógovej forme. Digitálne prevedenie odstraňuje nutnosť použitia nestabilných a rozmerných analógových filtrov, ktoré vyžadujú ladenie. Uvedená kvadratúrna koncepcia sa bežne využíva u GSM/GPRS prijímačov. Tak isto bola úspešne aplikovaná pri realizácii VKV rozhlasového prijímača pre príjem signálu s analógovou moduláciou.[1] Blokovú schému takéhoto prijímača môžeme vidieť na obr. 3.5:



Obr. 3.5: Bloková schéma SDR s vysokou prvou a veľmi nízkou druhou medzifrekvenciou

3.2 Softvérové aplikácie

V tejto podkapitole sa budeme zaoberať výpisom softvérových aplikácií. Podkapitola je rozdelená do troch hlavných bodov a to SDR aplikácie, SDR aplikácie DVB-T a profesionálne prehľadové prijímače.

3.2.1 SDR aplikácie

Na nasledujúcich obrázkoch môžeme vidieť schému zapojenia obr. 3.6 a fotografiu zapojenia obr. 3.7. Zapojenie sa skladá z prijímača EKD 500 KV (fotografia v prílohách obr. 6.1), DRM Konvertor 01 200 kHz/12 kHz (fotografia v prílohách obr. 6.2) a zvukovej karty (súčasť počítača - fotografia v prílohách obr. 6.3). Pričom na rádiový prijímač je pripojená analógová anténa a z prijímača vytiahnutý medzifrekvenčný signál. Tento signál je ďalej privedený na DRM konvertor kde sa skonvertuje z 200 kHz na 12 kHz a tento signál je odvedený na mikrofónny vstup zvukovej karty. O ďalšie spracovanie signálu sa starajú softvérové aplikácie.



Obr. 3.6: Schéma zapojenia pri meraní



Obr. 3.7: Fotografia zapojenia pri meraní

- **Dream**

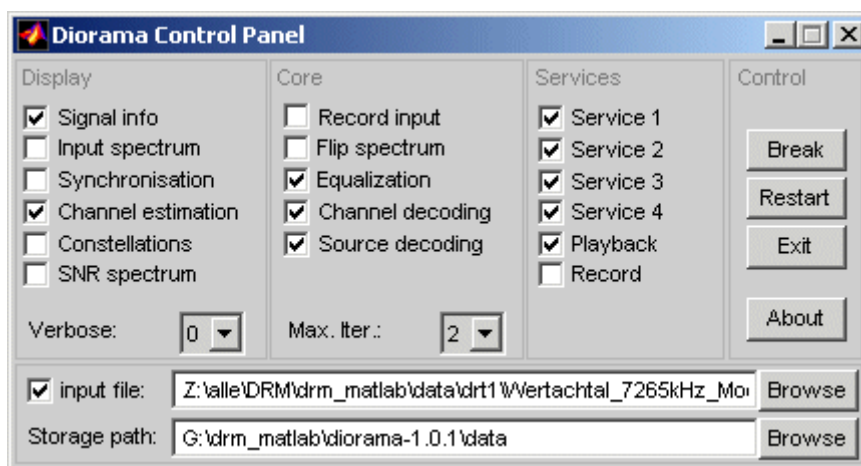
Aplikácia je voľne šíriteľná, čiže open-source a pod licenciou GNU. Dream funguje na akomkoľvek type počítača. Hlavné okno tejto aplikácie vidíme na obr. 3.8. Táto aplikácia dokáže takisto nielen spracovávať signál, ale takisto ho aj odosielať. Túto funkciu si sprístupníme keď program spustíme s parametrom „-t“. Obrázok tohto okna nájdeme v prílohách obr. 6.4. Spektrum signálu a ďalšie informácie signálu si môžeme pozrieť na obrázku v prílohách obr. 6.5.



Obr. 3.8: Dream – Hlavné okno

- **Diorama**

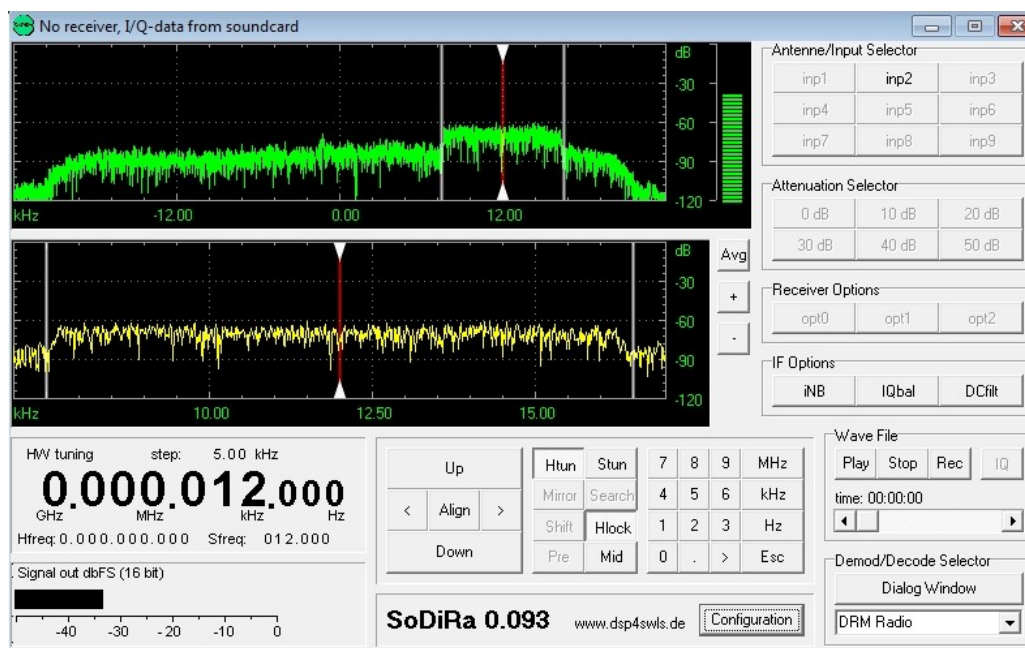
Diorama je kompletný real-time softvér DRM napísaný pre matlab. Podpora pre túto aplikáciu je v matlab v5.2 a vyššie. Hlavné vlastnosti tejto aplikácie sú real-time radio, dekodovanie textových správ, voliteľné grafické rozhranie, zobrazenie vstupného spektra, záznam vstupných dát, dekodovanie audio streamu a rýchle prepínanie kanálov. Na obr. 3.11 môžeme vidieť hlavné okno tejto aplikácie. V prílohách si môžeme pozrieť ako vyzerá okno s informáciami o signále obr. 6.7 a okno so spektrom signálu obr. 6.8.



Obr. 3.9: Diorama – Hlavné okno

- **SoDiRa**

SDR aplikácia pre spracovanie analógového a digitálneho signálu. Ďalej spracováva veľkú škálu typov modulácií: AM stereo, AM synchronus, LSB, USB, FM, VHF FM mono/stereo, DRM30, DRM+, DCF77, RDS. Hlavné okno tejto aplikácie môžeme vidieť na obr. 3.9, ďalej v prílohach obr. 6.6 môžeme nájsť obrázok s podporovanými prijímačmi.



Obr. 3.10: SoDiRa – Hlavné okno

3.2.2 SDR aplikácie – DVB-T

Jedná sa o neštandardné použitie DVB-T (digitálne televízne vysielanie) tuneru pre príjem SDR. Pre zachytenie signálu sa používa verejne dostupný USB (univerzálna sériová zbernica) DVB-T tuner. Zoznam jednotlivých DVB-T tunerov, ktoré podporujú príjem SDR a dajú sa zakúpiť v Českej republike môžeme nájsť v tabuľke Tab. 3.1. Pre tento typ SDR existuje niekoľko voľne šíriteľných programov. Každý jeden z programov ponúka trochu iný spôsob ovládania, rôznu podporu SDR prijímačov a mnoho špeciálnych funkcií. [10]

Tab. 3.1: Zoznam kompatibilných DVB-T tunerov

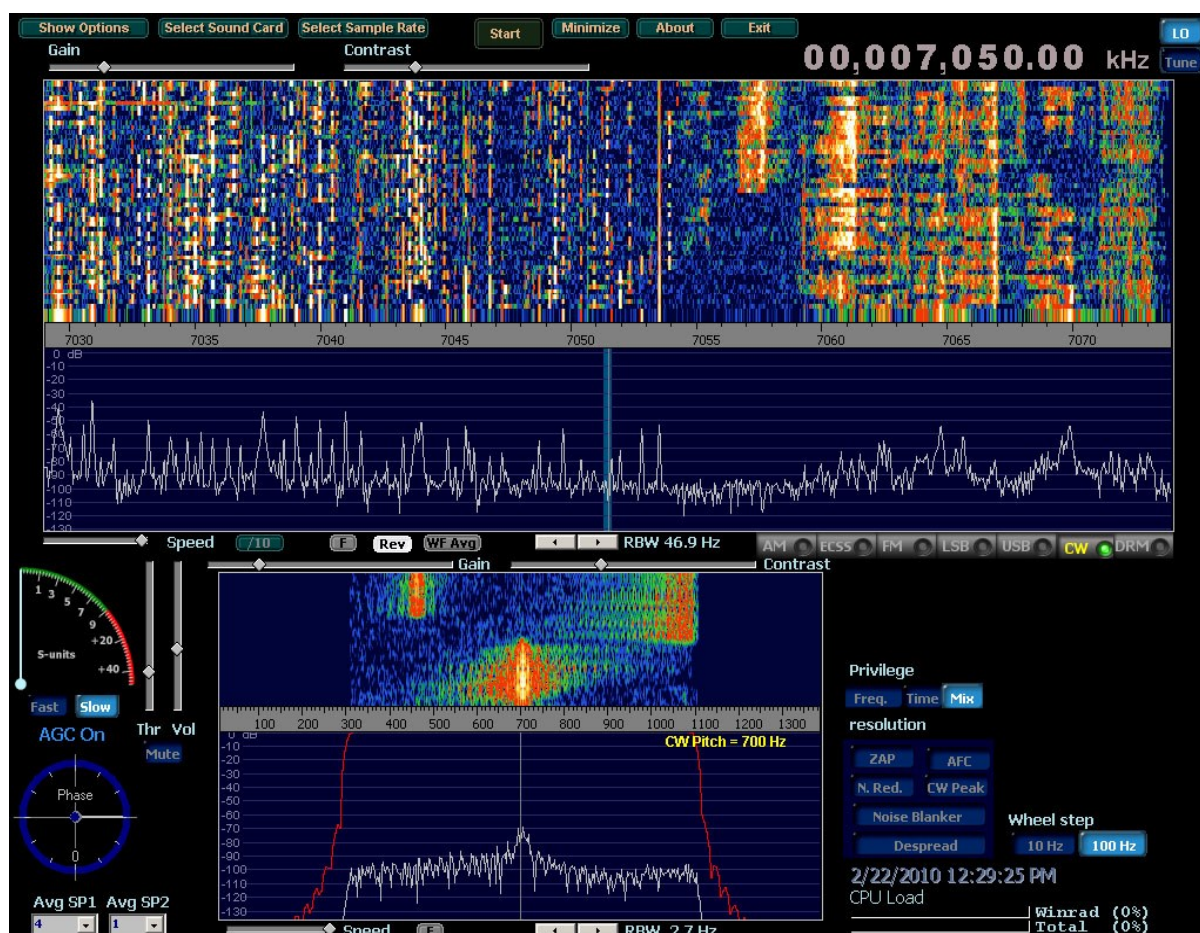
Názov	Tuner	Predajcovia	Cena (ku dňu 16.4.2013)
Red OEM SinoVideo	E4000	GES	549,- Kč
Sencor SDB-522RT	E4000	Zbozi.cz	444,- Kč
LogiLink VG0002A	FC0013	Conrad	459,- Kč
LifeView NotOnlyTV LV5T	FC0012	K24.cz	326,- Kč
Genius TVGo DVB-T03	FC0012	Zbozi.cz	506,- Kč

- **Winrad**

Winrad je amatérska SDR aplikácia koncipovaná Jeffrey Pawlan „WA6KBL“ a Alberto „I2PHD“. Podporuje veľa druhov SDR, zahrňuje funkcie potrebné pre príjem slabého signálu, troposférického rozptylu a taktiež pre príjem KV. Winrad podporuje všetky typy zvukových kariet.

Tab. 3.2: Winrad

Autor	Alberto, I2PHD & Jeffrey, WA6KBL
Podpora	SoftRock, Perseus, QS1R, SDR-14, PM-SDR, Elektor SDR
Web	[http://www.winrad.org/]
Stiahnutie	[Winrad 1.6.1]



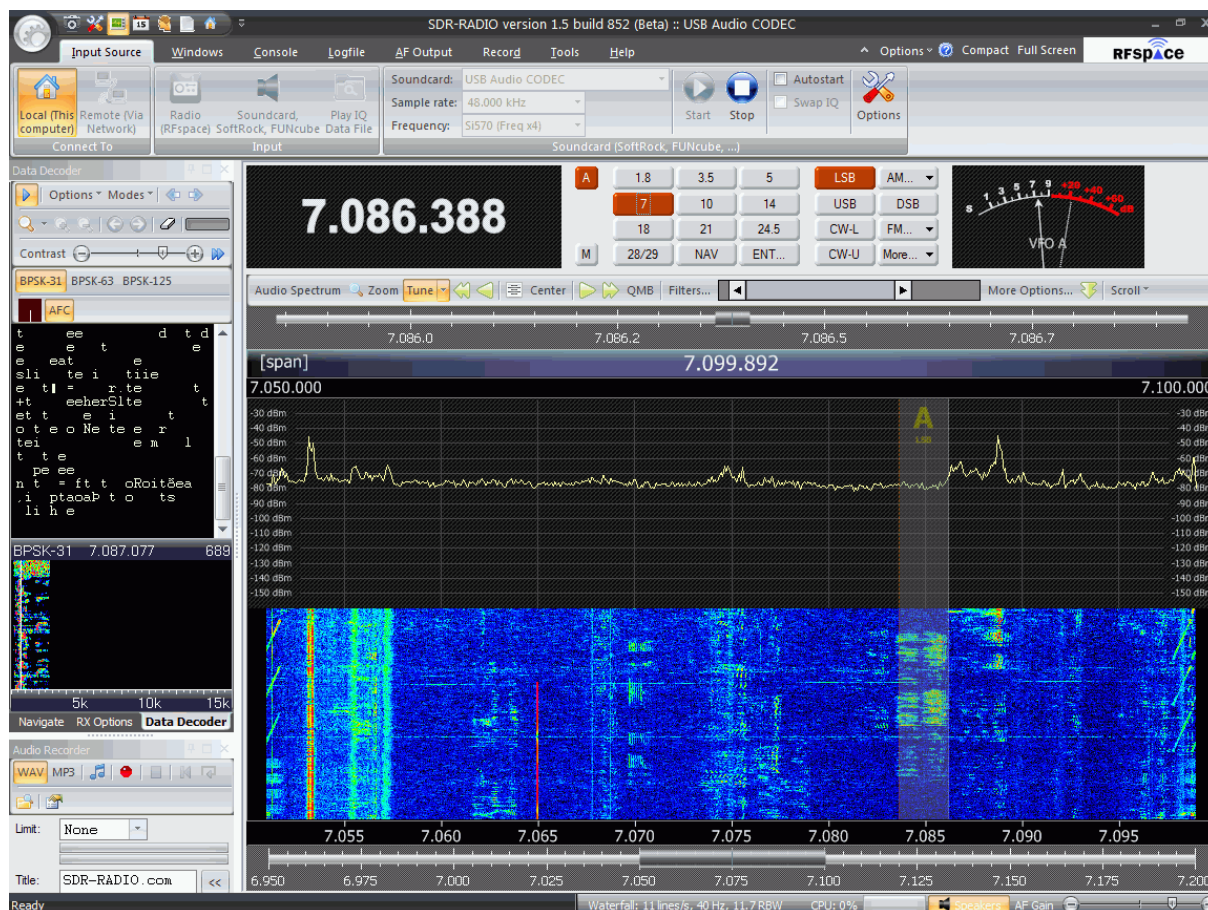
Obr. 3.12: Winrad – Hlavné okno

- **SDR-Radio**

Má možnosť prevádzky v režime klient-server a možnosť pripájať sa k rádiu vzdialene cez TCP/IP sieť.

Tab. 3.3: SDR-Radio

Autor	SDR-RADIO.com, GmbH
Podpora	SoftRock, SDR-14
Web	[http://www.sdr-radio.com]
Stiahnutie	[SDR-Radio v1.5 b1058]



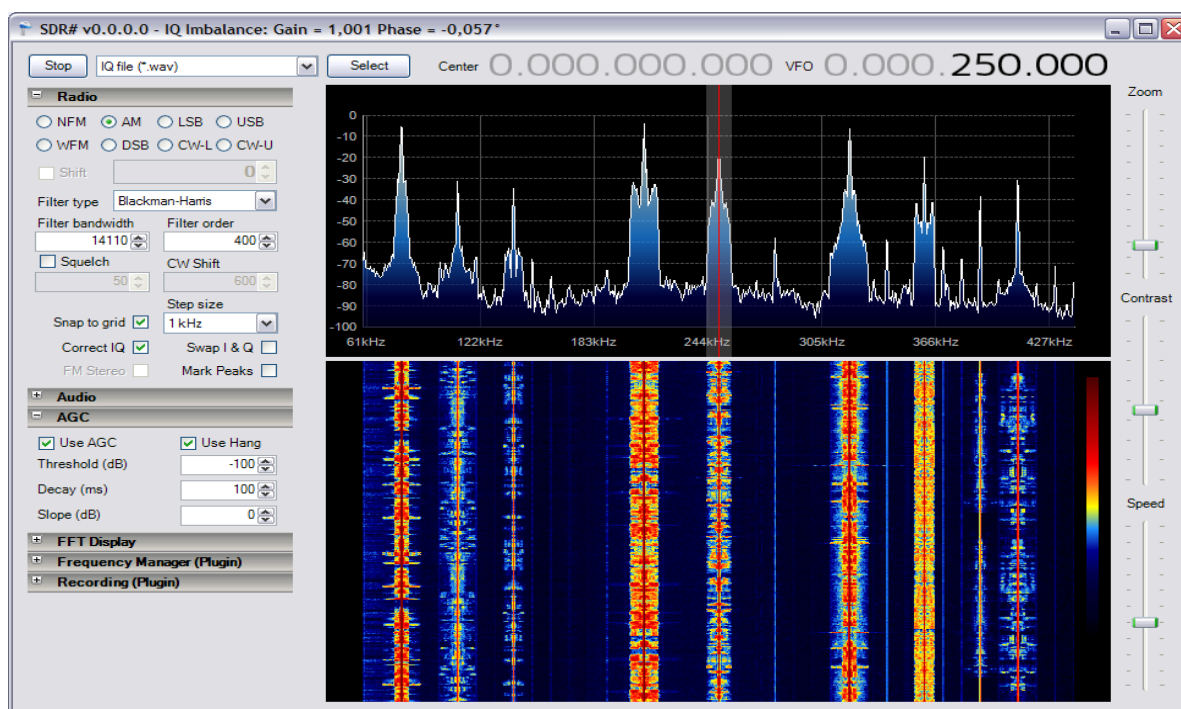
Obr. 3.13: SDR-Radio – Hlavné okno

- **SDR# (SDR Sharp)**

Má prepracovaný WFM demodulátor, hodí sa taktiež pre príjem FM rozhlasu.

Tab. 3.4: SDR#

Autor	Youssef Touil
Podpora	SoftRock, SDR-IQ, RTL-SDR, FUNcubeDongle
Web	[http://www.sdrsharp.com/]
Stiahnutie	[SDR# Stable]



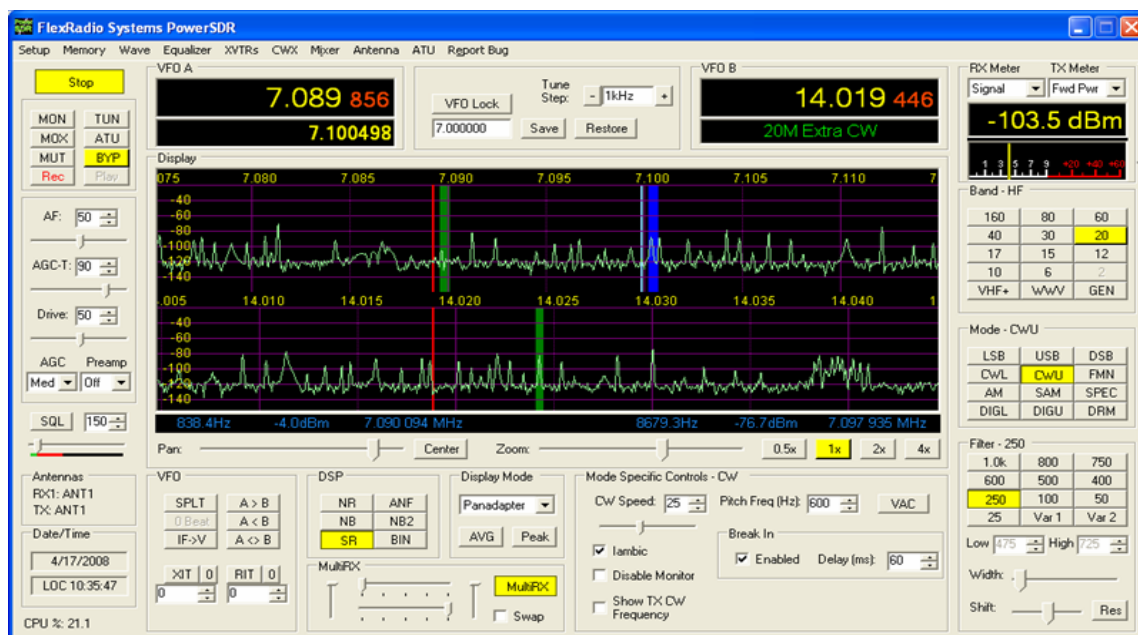
Obr. 3.14: SDR# - Hlavné okno

- **PowerSDR**

PowerSDR softvér podporuje všetky DSP a hardvér od firmy FlexRadio System.

Tab. 3.5: PowerSDR

Autor	FlexRadio System
Podpora	FLEX-5000, SDR-1000, SoftRock
Web	[http://www.flex-radio.com/]
Stiahnutie	[PowerSDR 1.14.0]



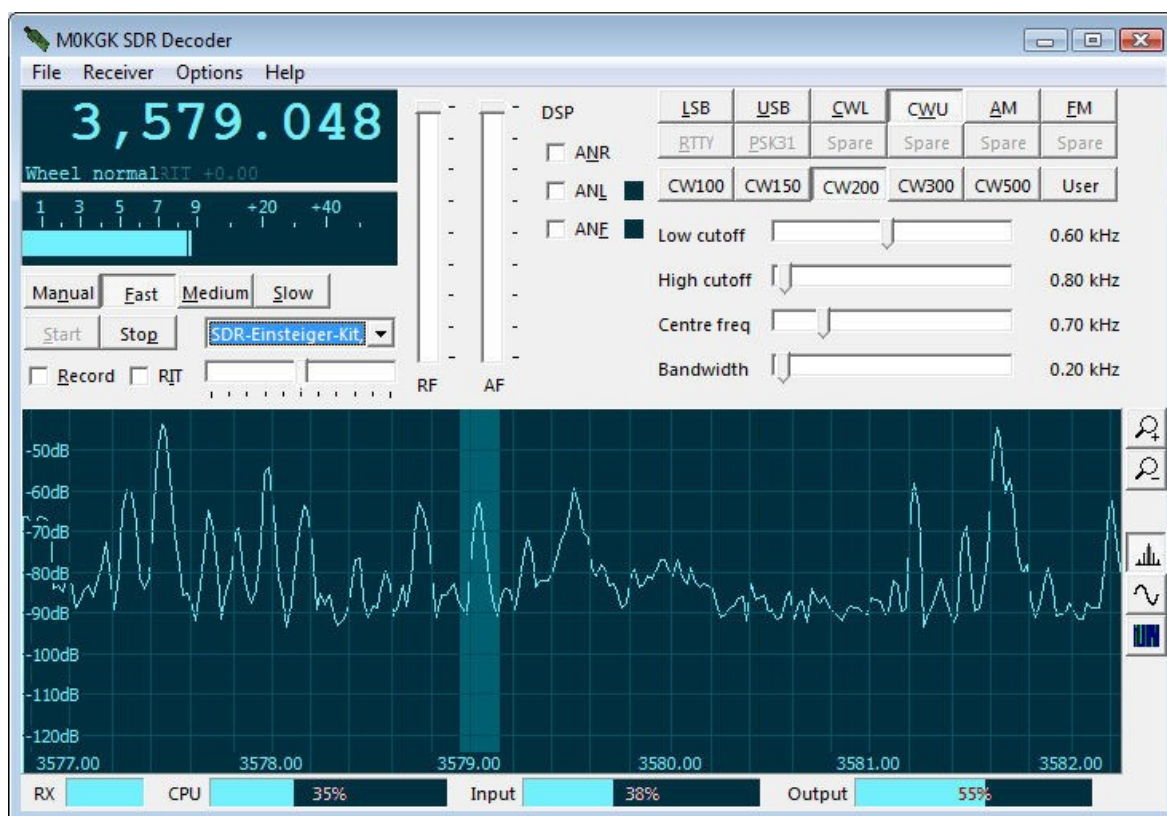
Obr. 3.15: PowerSDR

- **M0KKG SDR**

Hlavné vlastnosti M0KKG SDR sú variabilný filter šírky, displej spektrum, ručná, alebo automatická kalibrácia pre príjem signálu a funkcie nahrávania.

Tab. 3.6: M0KKG SDR

Autor	Witham, M0KKG
Podpora	Nie je uvedená
Web	[http://www.m9KKG.co.uk/sdr/]
Stiahnutie	[M0KKG 1.0.1.33]



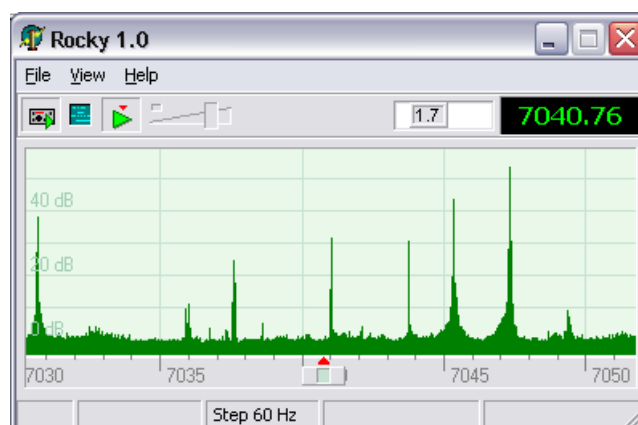
Obr. 3.16: M0KGK SDR – Hlavné okno

- **Rocky**

SDR aplikácia je hlavne určená pre Softrock radio.

Tab. 3.7: Rocky

Autor	Alex, VE3NEA
Podpora	SoftRock
Web	[http://www.dxatlas.com/Rocky/]
Stiahnutie	[Rocky 3.6.0.191]



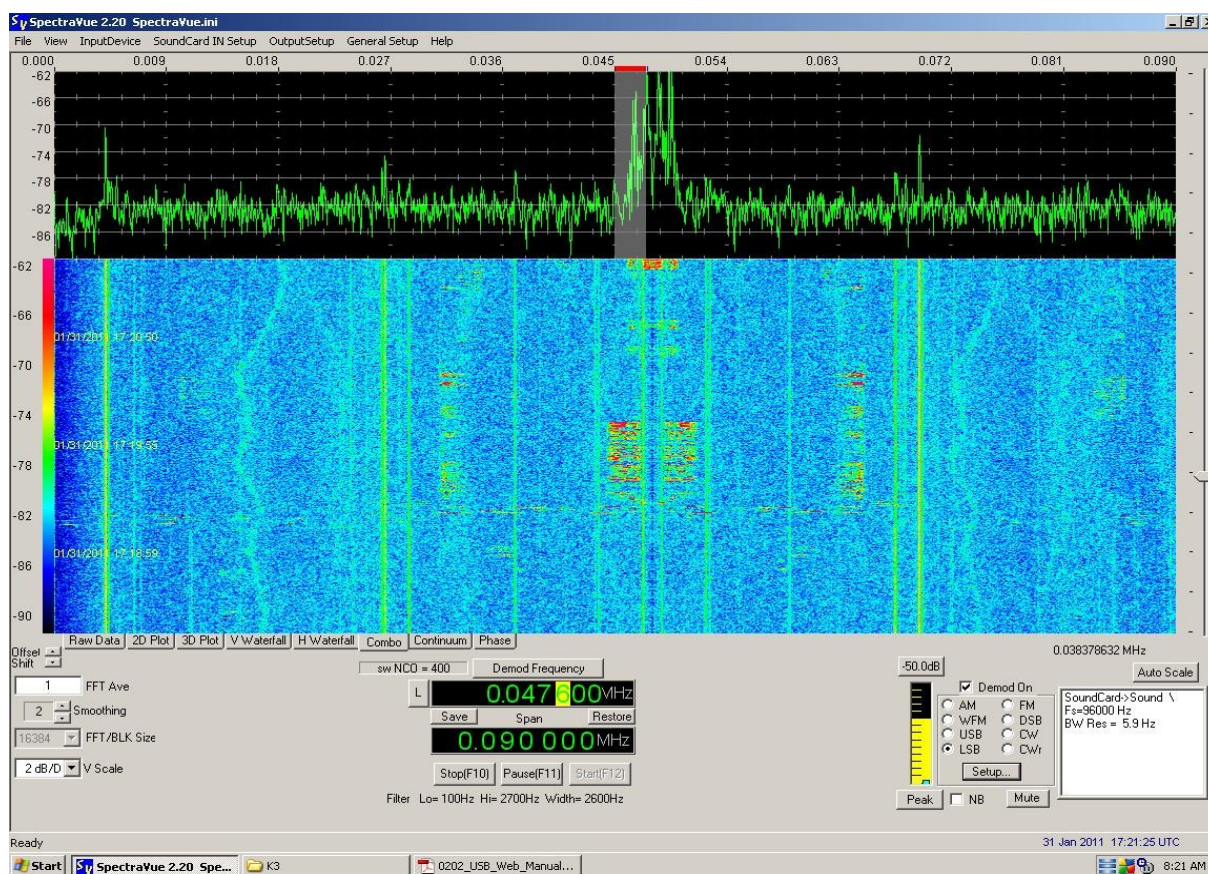
Obr. 3.17: Rocky – Hlavné okno

- **SpectraVue**

Aplikácia sa predovšetkým používa pre SDR-IQ, SDR-14, SDR-IP, NetSDR a RF hardvér. Taktiež môže byť použitá pre analýzu zvukovej karty.

Tab. 3.8: *SpectraVue*

Autor	Moetronix
Podpora	SDR-14, SDR-IQ, NetSDR
Web	[http://www.moetronix.com/spectravue.htm/]
Stiahnutie	[SpectraVue 3.21]



Obr. 3.18: *SpectraVue – Hlavné okno*

- **SD Radio**

Medzi jeho hlavné vlastnosti patrí výber zvukovej karty, v prípade, ak počítač obsahuje viaceré zvukové karty, pridané USB/ LSB/ ECSS dekodéry, viacfázové zobrazovanie spektra a jemné doladovanie pomocou myšky.

Tab. 3.9: *SD Radio*

Autor	Alberto, I2PHD
Podpora	Nie je uvedený
Web	[http://www.sdradio.eu/sdradio/]
Stiahnutie	[SDRadio 0.99]



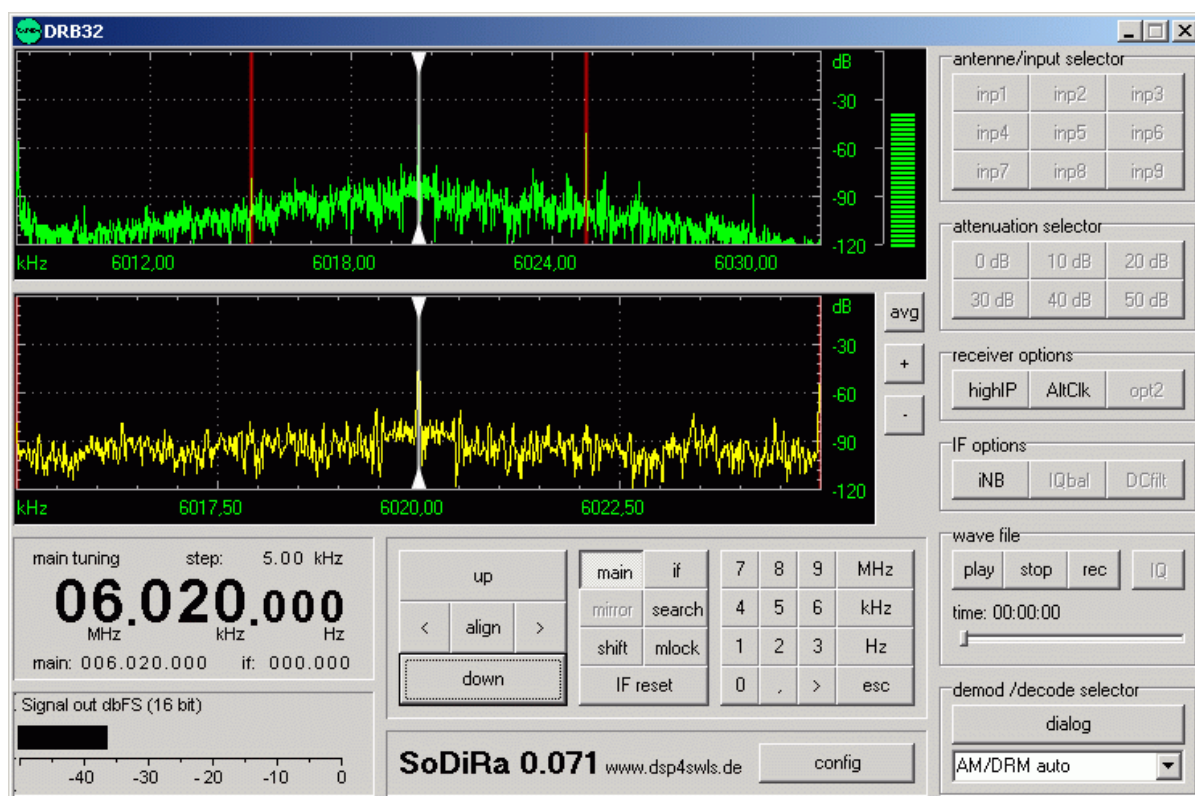
Obr. 3.19: SDRadio – Hlavné okno

- **SoDiRa**

Spracováva veľkú škálu typov modulácií: AM stereo, AM synchronus, LSB, USB, FM, VHF FM mono/stereo, DRM30, DRM+, DCF77, RDS.

Tab. 3.10: SoDiRa

Autor	dsp4swls
Podpora	Elektor, DRT1, DiRaBox, HCJB Pappradio
Web	[http://www.dsp4swls.de/sodira/sodira.html/]
Stiahnutie	[SoDiRa 0.091]



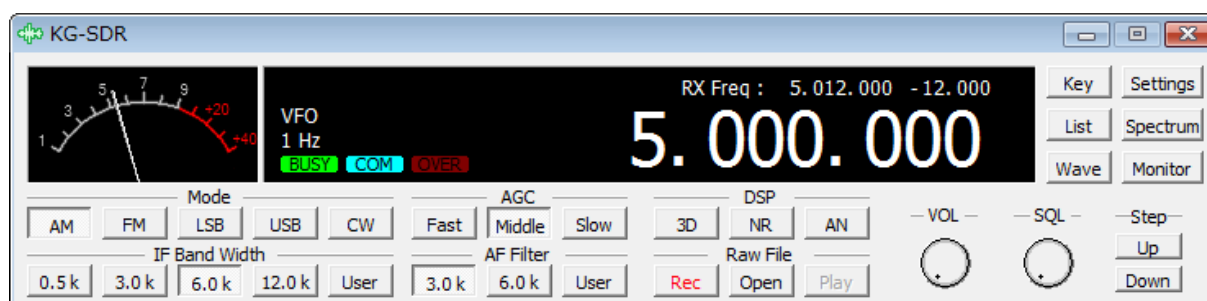
Obr. 3.20: SoDiRa – Hlavné okno

- **KG-SDR**

Hlavné vlastnosti aplikácie sú dekodovanie AM a FM, redukcia šumu, nahrávanie signálu a prehrávanie celého zachyteného spektra.

Tab. 3.11: KG-SDR

Autor	K.G.
Podpora	Alinco DX-R8, Alinco DJ-X11
Web	[http://www2.plala.or.jp/hikokibiyori/soft/]
Stiahnutie	[KG-SDR 1.0.0]



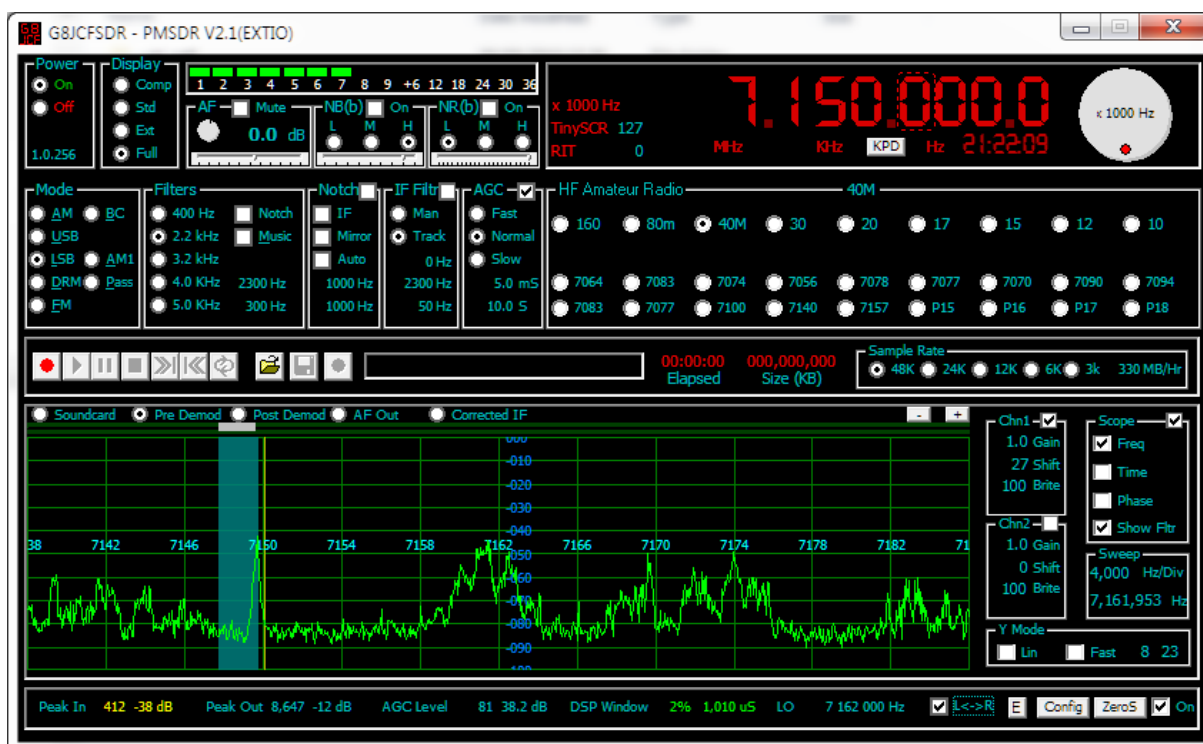
Obr. 3.21: KG-SDR – Hlavné okno

- **G8JCF SDR**

Hlavným znakom je veľká podpora u SDR.

Tab. 3.12: G8JCF SDR

Autor	Peter Carnegie
Podpora	DRT1, PappradioV1, Elektor, DRB30/32, Soft66AD, LD1, EXTIO, PMSDR, FiFiSDR
Web	[http://www.g8jcf.dyndns.org/]
Stiahnutie	[G8JCFSDR 1.00 b231]



Obr. 3.22: G8JCFSDR – Hlavné okno

3.2.3 Profesionálne prehľadové prijímače

Jedná sa o profi Rx (skratka pre prijímač), ktorý obsahuje pri zakúpení daný prepracovaný softvér a prijímač. Tieto typy prijímačov sú určené na kompletný rádiový monitoring. Medzi popredných výrobcov pre tento druh prijímačov patrí WiNRADiO a Perseus.

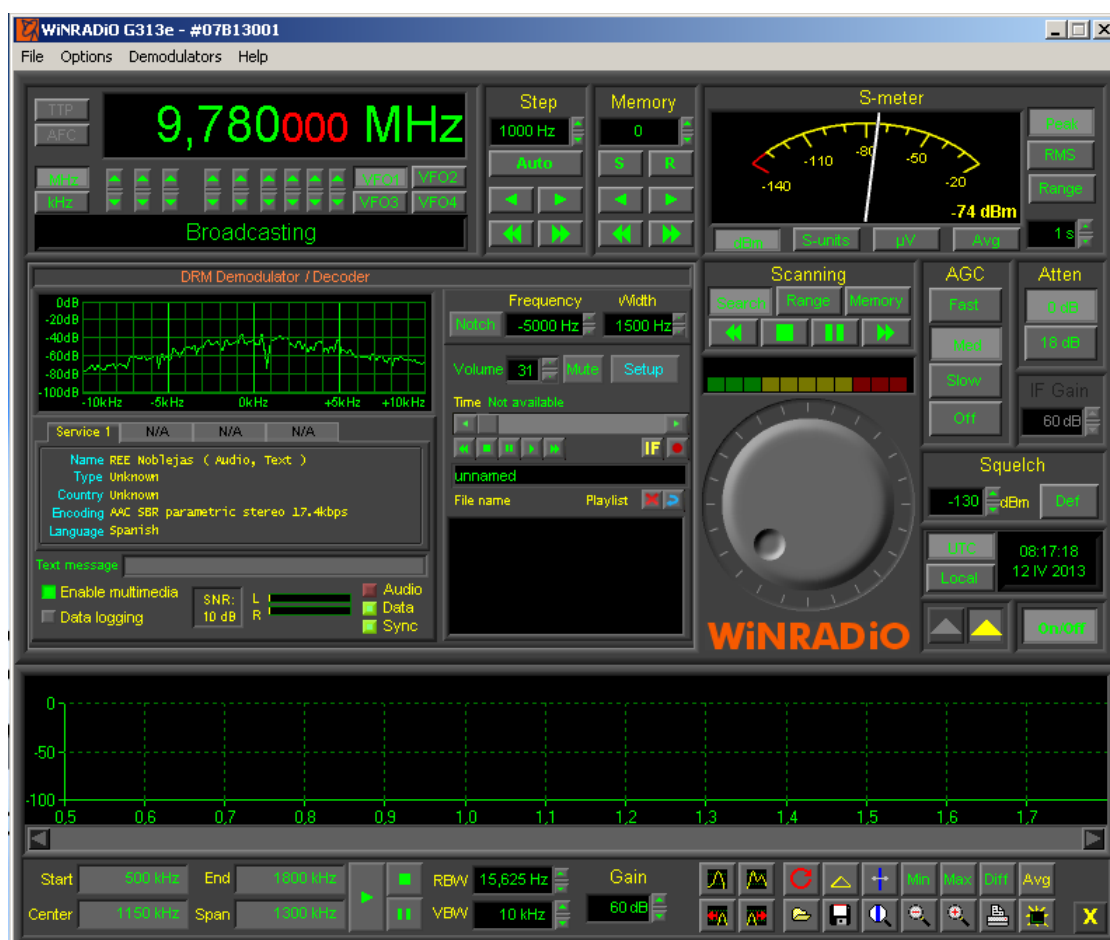
- **WiNRADiO**

Spoločnosť WiNRADiO pôsobí ako oficiálny distribútor DRM. Táto spoločnosť vlastní aj niektoré univerzálne rádiové prijímače pre SETI. Ku každej WiNRADiO aplikácii sa dá dokúpiť konkrétny prijímač. Ja som mal možnosť vyskúšať konkrétny typ WiNRADiO G313e, ktorého cena je

1020,- € / 25683,60,- Kč (ku dňu 15.4.2013 [[WiNRADiO G313e](#)]). Obrázok takéhoto prijímača si môžeme postupne pozrieť na obr. 3.23 a dodaný softvér k tomuto prijímaču na obr. 3.24.



Obr. 3.23: WiNRADiO – prijímač G313e



Obr. 3.24: WiNRADiO – Hlavné okno

- *Perseus*

Perseus je softvérový VLF, LF, MF, HF prijímač založený na vynikajúcej priamo-vzorkovacej digitálnej architektúre. Tento prijímač je vybavený 14bit 80MS/s ADC, vysoko výkonné FPGA (programovateľné hradlové pole) a vysokorýchlostné USB 2.0 rozhranie. Perseus bol navrhnutý pre najnáročnejších užívateľov. Zzahrňa desať predvolených filtrov a vysoký dynamický predzosilňovač. Keďže sa jedná o softvérové rádio, prijímač spolieha na softvérovú aplikáciu, ktorá vykonáva demoduláciu procesu. Cena takéhoto prijímača je 21165.00,- Kč/ 830,- € (ku dňu 15.4.2013 [[Perseus](#)]). Samotný prijímač si môžeme pozrieť na obr. 3.25 a dodávaný softvér na obr. 3.26.



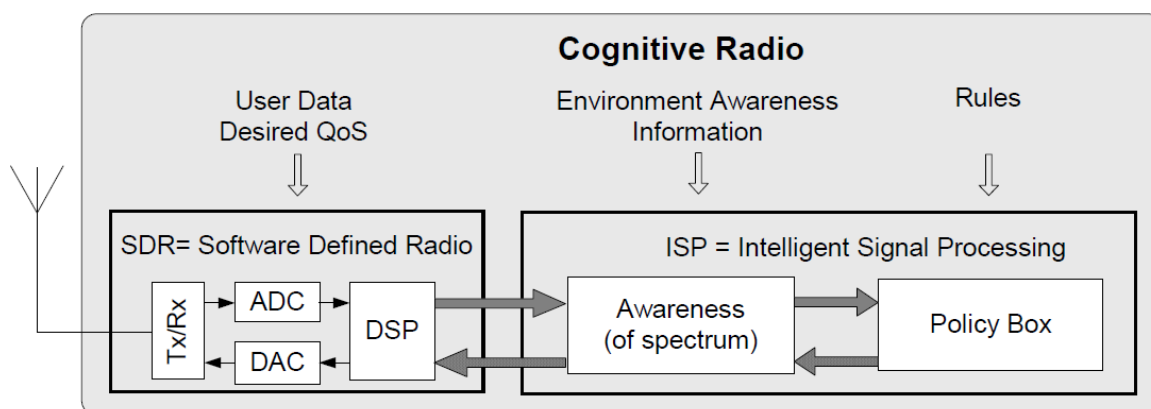
Obr. 3.25: *Perseus – prijímač*



Obr. 3.26: *Perseus – Hlavné okno*

4 Kognitívne rádio

Okolo roku 2000 sa objavuje nový fenomén vo vývoji rádiových systémov, označovaný ako kognitívne rádio CR (kognitívne rádio). Vznik kognitívneho rádia bol primárne podnietený k prehľbujúcim sa nedostatkom frekvenčných pásiem. Kognitívne rádio je definované ako inteligentný rádiový systém (Tx/Rx) využívaný sekundárnymi, nelicencovanými užívateľmi, ktorý plynule a automaticky skenuje rádiové spektrum, pričom na rozdiel od SDR môže riešiť potrebné operácie úplne autonómne. Akonáhle pri skenovaní zistí, že určitý segment frekvenčného spektra je práve menej využívaný, ako segment na ktorom sa práve nachádza, tak sa do neho rýchlo preladí a v prípade potreby ho môže opätovne opustiť. Takto prispieva k rovnomernejšiemu využitiu nedostatkového frekvenčného spektra a v dôsledku toho aj k podstatnému zníženiu interferencií, čiže takisto ku zvýšeniu priepustnosti systému. Také kognitívne rádio sa označuje ako SSCR (kognitívne rádio so snímaním spektra). [6][9]



Obr. 4.1: Definícia kognitívneho rádia, formulovaná J. Mitola III v roku 1999 [6]

Medzi základné delenia kognitívneho rádia sa radí licencované CR a nelicencované CR. Ak kognitívne rádio využíva výhradne frekvenčné pásma pridelené licencovaným užívateľom, tak sa jedná o LBCR (licencované pásmo kognitívneho rádia), kde využíva štandardy IEEE 802.15. Naopak nelicencované kognitívne rádio UBCR (nelicencované pásmo kognitívneho rádia) využíva iba bezlicenčné pásma ISM (pásma pre rádiové vysielanie), UNII (nelicencované národná informačná infraštruktúra) a ďalšie, pričom využíva štandardov IEEE 802.19. Mimoriadny záujem o kognitívne rádio prejavuje hlavne armáda, záchranné zbory a pod. Prvé nasadenie komerčných systémov kognitívneho rádia môžeme očakávať asi až v roku 2015. [6][7]

4.1 Základné funkcie kognitívneho rádia

Každé CR realizuje minimálne tri základné funkcie, a to snímanie frekvenčného spektra IPD (detekcia povinného profilu), dynamickou selekciou frekvencie DFC (dynamický výber frekvencie) a riadenie vysielacích výkonov TPC (riadenie vysielacieho výkonu).

4.1.1 Snímanie frekvenčného spektra IPD

Inak označované aj ako detekovanie spektra PSD (výkon spektrálnej hustoty), prevádzané v aktuálnej lokalite. Funkcia IPD umožňuje nachádzať voľné neobsadené úseky „white space“ v ktorých môžu účastníci kognitívnej siete komunikovať. Plné kognitívne rádio FCR (plne kognitívne rádio) potrebuje k svojej činnosti viac informácií, ako ktoré poskytuje IPD. Tieto ostatné informácie sú obsiahnuté v multidimenzionálnej integrovanej databáze, označovanej ako REM (mapa rádiového prostredia). V REM sú okrem profilu spektra IP obsiahnuté ďalšie dôležité informácie a to prehľad dosiahnuteľných služieb daného systému CR, informácie o súčasnej polohe, informácie o aktivitách konkrétnych systémov CR a informácie o spektrálnej situácii poskytované regulačnými orgánmi. Príslušné informácie potom môžu byť využívané pre typické funkcionality kognitívneho rádia, ako je oceňovanie rádiovkej situácie v danom prostredí, dedukcia, učenie, rozhodovanie, plánovanie ďalších činností a adaptácia na meniace sa podmienky. [6]

4.1.2 Dynamická selekcia frekvencie DFS

Za podmienky že poznáme profil spektra IP primárnych užívateľov, je možné s jeho pomocou realizovať DFS, ktorá je ďalším charakteristickým rysom kognitívneho rádia. Mechanizmus DFS vždy prideli konkrétnemu účastníkovi systému CR určitý voľný segment spektra, v ktorom je výkon interferujúcich zložiek primárnych vysieláčov menší ako detekčný prah DFS. Tento prah predstavuje maximálnu prípustnú hodnotu celkového výkonu interferujúcich zložiek primárnych vysieláčov, uvažovanú na vstupe kognitívneho prijímača istého sekundárneho užívateľa. Ak skutočný celkový interferujúci výkon prevýši uvedený horný limit, tak pridelený segment už nie je možné viac považovať za voľný, preto v ňom musí nelicencovaný vysieláč prerušiť prevádzku a prejsť na iný neobsadený kanál. Vo voľných úsekoch spektra môžu účastníci kognitívnej siete bez problémov komunikovať. [6]

4.1.3 Riadenie vysielacích výkonov TPC

Tretím neodlučiteľným rysom kognitívneho rádia je TCP. Detekcia IPD (detekcia povinného profilu) sa prevádza v termináloch sekundárnych užívateľov a môže tak iba zaručiť, že mechanizmus TCP obmedzí vysielacie výkony týchto terminálov na prípustnú úroveň v lokalitách, kde sa práve nachádzajú, tam potom prebieha komunikácia primárnych užívateľov bez problémov. Táto nastavená

úroveň sa však môže javiť ako príliš vysoká v oblastiach, ktoré sú vzdialené od spomínaných lokalít. Ak sa potom primárny užívateľ pohybuje v týchto oblastiach, môže byť ich komunikácia postihnutá výraznými interferenciami, generovanými práve sekundárnymi užívateľmi. [6]

4.2 Hlavné znaky kognitívneho prijímača

Hlavnými znakmi kognitívneho rádia sú distribuovaná spolupráca, univerzálna spolupráca a snímanie, konfigurovanie, rozširovanie, vyvíjanie systému.[5]

- Snímanie a konfigurovanie systému - kognitívne rádio rozširuje starú koncepciu hardvérového a softvérového rádia ako jednoduché a izolované fungujúce zariadenie, na automatický systém snímajúci parametre vnútorného používaného prostredia, na ktoré potom reaguje.
- Distribuovaná spolupráca – kognitívne rádio si zbiera a vymieňa informácie s iným kognitívnym rádiom a na základe toho si určuje svoj okamžitý najoptimálnejší režim.
- Univerzálna optimalizácia – kognitívne rádio zdokonaľuje využitie frekvenčného spektra, znižuje interferencie a tým zvyšuje priepustnosť systému kognitívneho rádia.
- Rozširovanie a vyvíjanie systému – do adaptívneho procesu kognitívneho rádia sú zapojené ďalšie parametre prenosu, ako je systém adaptívneho kódovania, adaptívne riadenie výkonu vysielacza a adaptívne systémy priestorovej diverzity.

4.3 Systémy kognitívneho rádia

S najbližších rokoch sa kognitívne rádio začne presadzovať v rade aplikácií a službách, medzi najslubnejšie patria:

- Predávanie multimediálnych obsahov (v režime off-line)
- Komunikácia v núdzových situáciách
- Širokopásmové rádiové služby (bezdrôtový internet)
- Aplikácie v multimediálnych sieťach (on-line)
- Aplikácie vo vojenských a bezpečnostných zložkách
- Bunkové systémy
- Technológia prístupových sietí
- Doprava

5 Záver

Na úvod bakalárskej práce bolo mojimi prvými cieľmi zoznámiť sa s pojmami rádiový prijímač, softvérový prijímač a kognitívne rádio. V prvej kapitole bakalárskej práce popisujem ako nám rádiový prijímač slúži, z čoho sa skladá, čo by mal vykonávať, aké sú základné vlastnosti a historický vývoj rádiového prijímača.

V druhej časti bakalárskej práce popisujem softvérový prijímač a výpis softvérových aplikácií u SDR. V úvode tejto kapitoly podrobne rozoberám princíp funkčnosti a koncepcie softvérového prijímača. Hlavným cieľom tejto kapitoly je výpis softvérových aplikácií pre SDR. Konkrétne táto časť je rozdelená do troch podkapitol SDR aplikácie, SDR aplikácie – DVB-T a profesionálne prehľadové prijímače. Každá aplikácia obsahuje podporu u SDR, popis základných funkcií, ukážku hlavného okna z každej aplikácie a webovú stránku každej aplikácie.

Záver časť bakalárskej práce sa venuje kognitívnemu rádiu, kde sa popisuje princíp funkčnosti kognitívneho rádia, základné vlastnosti a najslubnejšie systémy kognitívneho rádia v ktorých sa bude môcť používať.

Práca na túto tému ma dosť zaujímala a bola pre mňa veľkým prínosom. Dozvedel som sa niečo o vývoji a princípoch funkčnosti rádiových, softvérových a kognitívnych prijímačov. Mal som možnosť vyskúšať si všetky softvérové aplikácie pre SDR, ktoré sú v práci spomenuté. Odbornú literatúru na túto tému som čerpal z kníh a internetu. Výsledkom tejto práce sú texty, ktoré sú použiteľné do výuky predmetov s rádiovým zameraním a obsahujú vyššie uvedené informácie.

6 Použitá literatura

- [1] ŽALUD, Václav. *Moderní radioelektronika*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 653 s. ISBN 80-860-5647-3.
- [2] DOBEŠ, Josef a Václav ŽALUD. *Moderní radiotechnika*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 767 s. ISBN 80-730-0132-2.
- [3] EICHLER, Jozef a Václav ŽALUD. *Radiové přijímače*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1976.
- [4] PROKEŠ, Aleš. *Rádiové přijímače a vysílače: přednášky* [online]. 1. vyd. Brno: VUT FEKT, 2003, 174 s. [cit. 2013-04-27]. ISBN 80-214-2263-7. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=24338
- [5] Trita-IT. *Department of Teleinformatics, Royal Institute of Technology ; Kungl. Tekniska högskolan. AVH* [online]. [cit. 2013-04-27]. ISBN 1403-5286. Dostupné z: http://web.it.kth.se/~maguire/jmitola/Mitola_Dissertation8_Integrated.pdf
- [6] ŽALUD, Václav. *SDR a CR* [online]. Praha: ČVUT [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://radio.feld.cvut.cz/courses/X37ZRD/materialy.php?akce=dlf&zdroj=vpm&fkey=27&xtgt=2f686f6d652f53657276696365732f7777772f68746d6c2f6564755f6465706f742f5833375a52445f7075626c6963>
- [7] *Cognitive Radio* [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://www.eecs.berkeley.edu/~dtse/3r_ben_dyspan05.pdf
- [8] Softwarové definované rádio. [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://www.urel.feec.vutbr.cz/MTRK/?Softwarov%E9%2C_kognitivn%ED_a_kooperativn%ED_r%E1dio:Softwarov%E9_a_softwarov%EC_definovan%E9_r%E1dio
- [9] Kognitivní rádio. In: [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: http://www.urel.feec.vutbr.cz/MTRK/?Softwarov%E9%2C_kognitivn%ED_a_kooperativn%ED_r%E1dio:Kognitivn%ED_r%E1dio
- [10] SDR. [online]. [cit. 2013-04-27]. Dostupné z: <http://sdr.ipip.cz/>

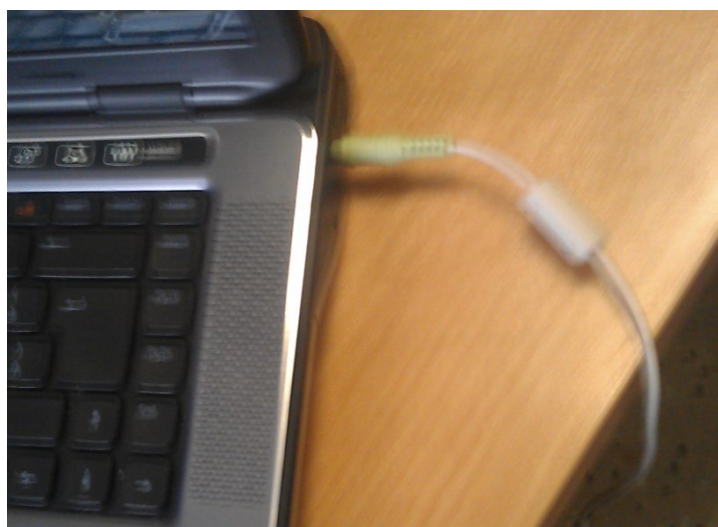
7 Prílohy



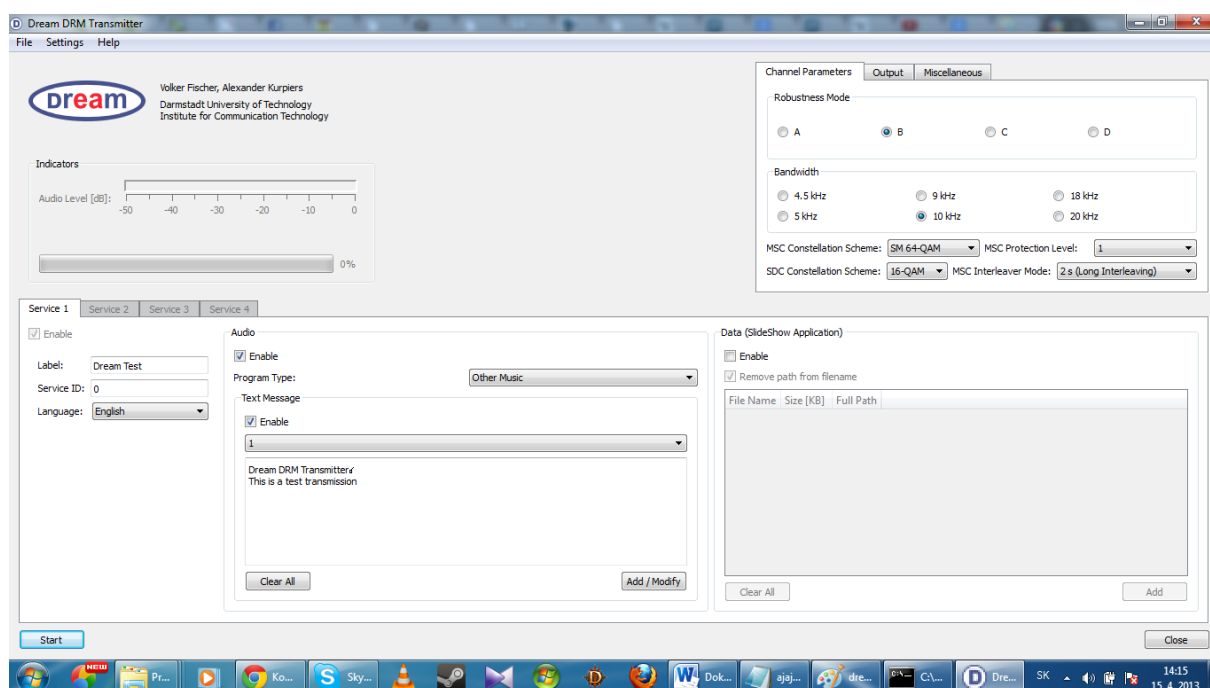
Obr. 6.1: Prijímač EKD 500 KV



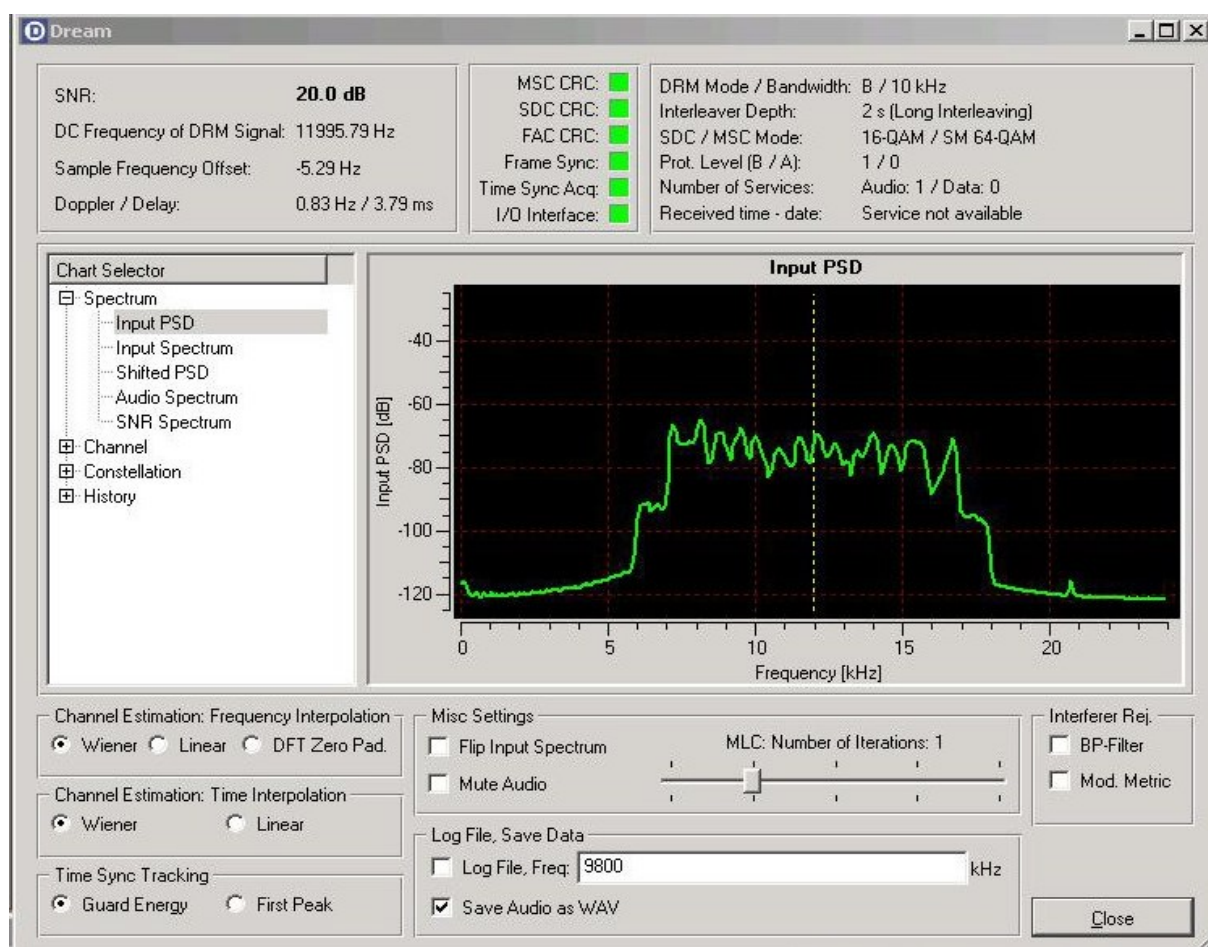
Obr. 6.2: DRM Konvertor



Obr. 6.3: Pripojenie k PC cez mikrofóny vstup



Obr. 6.4: Dream – Okno vysielacza



Obr. 6.5: Dream – Okno so spektrom signálu a informácie o signálu

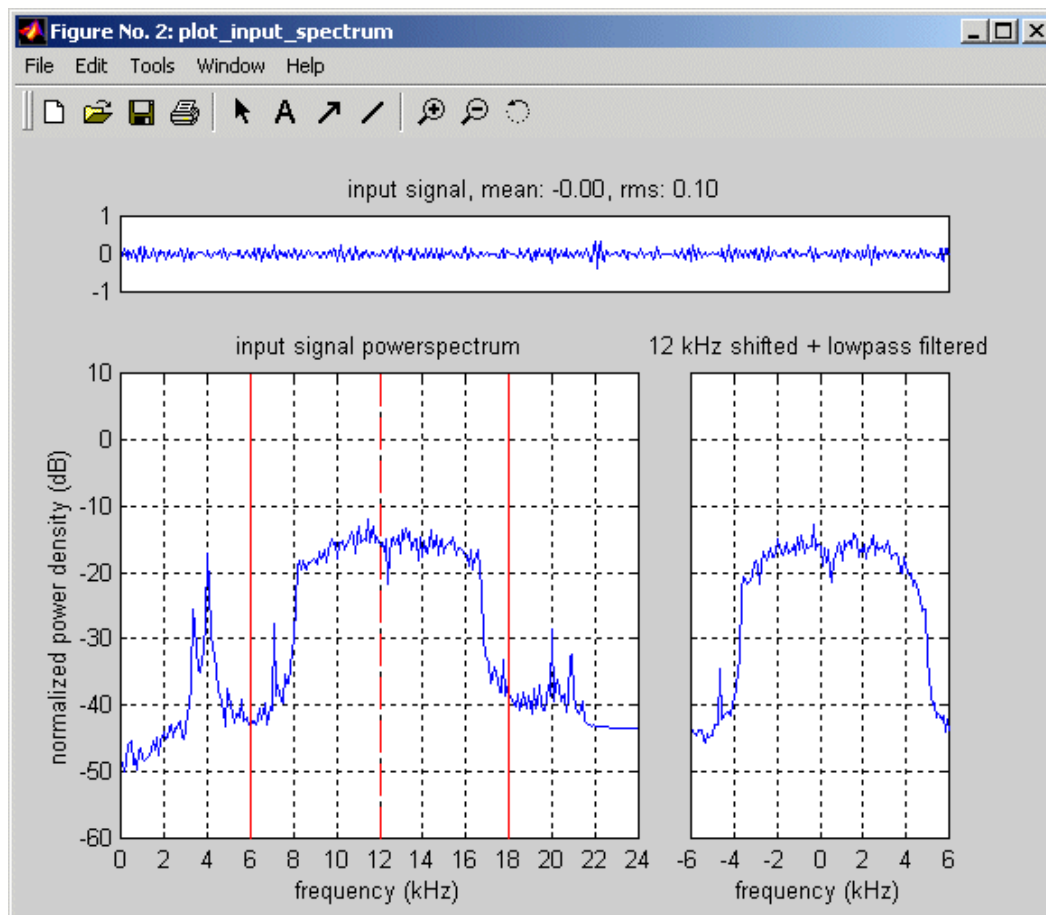
ExtIO DLL supported receiver:

model name	tuning range	audiobandwidth	known problems
PM-SDR	100 kHz - 55 MHz	96 kHz max, IQ	-
Harzburg II	500 kHz - 30 MHz	96 kHz max, IQ	-
FiFi-SDR	0 kHz - 30 MHz	internal soundcard, 96 kHz max, IQ	-
Perseus	0 kHz - 40 MHz	2000 kHz max, IQ	-
RFspace SDR-14	0 - 30 MHz	196 kHz max, IQ	-
LD-1A	500 kHz - 30 MHz	96 kHz max, IQ	-
Softrock	0 - 30 MHz ?	96 kHz max, IQ	-
Paprradio Version 1	30 kHz - 30 MHz	96 kHz max, IQ	crash while setting free DLL, DLL problem
Paprradio Version 2	30 kHz - 30 MHz	96 kHz max, IQ	DLL version 210 MHz is wrong, crash while setting free DLL, DLL problem
Elektor SDR	30 kHz - 30 MHz	96 kHz max, IQ	-
FUNCube Dongle	64 MHz - 1700 MHz	96 kHz max, IQ	-
RTL2832 with USRP interface DLL	64 MHz - 1700 MHz	3000 kHz max, IQ	soundinput has dropouts, DRM and RDS decoding corrupted, fail while frequency changing
RTL2832 with SDR# interface DLL	64 MHz - 1700 MHz	2000 kHz max, IQ	crash while closing program if GUI was opened, fixed bandwidth of 2 MHz, audio quality is better than USRP Interface DLL
Afedri SDR-Net	100 kHz - 30 MHz	1250 kHz max, IQ	-

Obr. 6.6: SoDiRa – Podpora prijímačov



Obr. 6.7: Diorama – Okno s informáciami o signálu



Obr. 6.8: Diorama – Okno so spektrom signálu